

**PLANTEAMIENTO DE UN MODELO PARA LA UTILIZACIÓN DE LA  
INFRAESTRUCTURA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE  
POSEE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CALDAS, DESDE LA  
BOCATOMA HASTA DESPUÉS DE LA PLANTA SANCANCIO PARA LA  
DISPOSICIÓN, TRATAMIENTO Y TRANSPORTE DE LAS AGUAS  
RESIDUALES DE LA LADERA SUR DE LA CIUDAD DE MANIZALES.**

**JOSE JULIÁN DELGADO  
MARÍA CRISTINA JARAMILLO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
MANIZALES  
2005**

**PLANTEAMIENTO DE UN MODELO PARA LA UTILIZACIÓN DE LA  
INFRAESTRUCTURA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE  
POSEE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CALDAS, DESDE LA  
BOCATOMA HASTA DESPUÉS DE LA PLANTA SANCANCIO PARA LA  
DISPOSICIÓN, TRATAMIENTO Y TRANSPORTE DE LAS AGUAS  
RESIDUALES DE LA LADERA SUR DE LA CIUDAD DE MANIZALES.**

**JOSE JULIÁN DELGADO  
MARÍA CRISTINA JARAMILLO**

**Documento presentado en cumplimiento a los requerimientos para optar al  
título de:**

**Especialista en Ingeniería Ambiental-Área Sanitaria**

**Director:  
Jorge Eliécer Marín  
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE MANIZALES  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
MANIZALES**

**2005**

## TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN .....	6
2. OBJETIVO GENERAL .....	7
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
3. INTRODUCCIÓN .....	8
4. ANTECEDENTES .....	11
5. INFORMACIÓN BÁSICA.....	13
5.1 CENTRAL HODROELÉCTRICA DE CALDAS: CHEC .....	13
5.2 CUENCA DEL RÍO CHINCHINÁ: .....	15
5.3 SISTEMA DE GENERACIÓN PLANTAS MENORES:.....	16
5.4 AGUA RESIDUAL URBANA PROVENIENTE DE LA LADERA SUR DE MANIZALES: .....	19
6. CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA RESIDUAL URBANA .....	20
6.1 QUEBRADA PALERMO: .....	20
6.1.1 Cargas contaminantes Quebrada Palermo .....	23
6.2 ZONA EL TRÈBOL: .....	24
6.2.1 Cargas contaminantes Zona Trébol .....	27
6.3 QUEBRADA EL PERRO:.....	28
6.4 DESCOLE LA ENEA:.....	32
6.5 CANTIDAD DE AGUA RESIDUAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	36
7. CALIDAD DEL AGUA DENTRO DEL CANAL SIN VERTIMIENTO .....	41
7.1 CALIDAD DEL AGUA EN LAS ESTRUCTURAS DE LA CHEC: .....	41
7.2 IMPACTO SOBRE EL RIO CHINCHINÁ: .....	42

7.2.1 BOCATOMA SANCANCIO .....	42
7.2.2 TANQUE DESARENADOR #1 .....	45
8. COMPORTAMIENTO HIDRAÚLICO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA CHEC	
48	
8.1 TANQUE DESARENADOR: .....	48
8.2 TANQUE DE LODOS: .....	49
9. CAPACIDAD ASIMILATIVA DE LA CORRIENTE AL RECIBIR LA CARGA	
VERTIDA.....	52
10. REMOCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE EN EL CANAL DE LA CHEC	54
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	57
12. VIABILIDAD TÈCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÒN DEL MODELO.....	60
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES .....	63
BIBLIOGRAFIA .....	64

## **INDICE DE GRÀFICAS**

- GRÀFICA 6.1 Variación de la DQO en la Quebrada Palermo
- GRÀFICA 6.2 Variación de la DBO en la Quebrada Palermo
- GRÀFICA 6.3 Variación de los SST en la Quebrada Palermo
- GRÀFICA 6.4 VARIACIÓN DE LA DBO EN EL TRÉBOL
- GRÀFICA 6.5 VARIACIÓN DE LA DQO EN EL TRÉBOL
- GRÀFICA 6.6 VARIACIÓN DE LOS SST EN EL TRÉBOL
- GRÀFICA 6.7 VARIACIÓN DEL OD Y PH EN LA QUEBRADA EL PERRO
- GRÀFICA 6.8 VARIACIÓN DE CAUDAL EN LA QUEBRADA EL PERRO
- GRÀFICA 6.9 Variación el OD Y pH descole la enea
- GRÀFICA 6.10 VARIACIÓN DEL CAUDAL DESCOLE LA ENEA
- GRÀFICA 6.11 VARIACIÓN DEL OD Y pH DESCOLE LA ENEA
- GRÀFICA 6.12 VARIACIÓN DEL CAUDAL DESCOLE LA ENEA
- GRÀFICA 7.1 Variación de caudal del río Chinchiná frente a la bocatoma
- GRÀFICA 7.2 Variación del OD y temperatura Chinchiná frente a la bocatoma
- GRÀFICA 7.3 Variación de la Conductividad y turbidez del río Chinchiná
- GRÀFICA 7.4 Variación del OD con respecto al tiempo de residencia
- GRÀFICA 7.5 Variación de la DBO con respecto al tiempo de residencia
- GRÀFICA 7.6 Variación de los SST con respecto al tiempo de residencia

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1 Caudales de Diseño de las Plantas Menores de la CHEC<sup>8</sup>

Tabla 6.1. DQO en la Quebrada Palermo

Tabla 6.2. DBO en la Quebrada Palermo

Tabla 6.3. SST en la Quebrada Palermo

Tabla 6.4 Cargas contaminantes promedio en la Quebrada Palermo

Tabla 6.5. SST en la zona del Trébol

Tabla 6.6. DBO en la zona del Trébol

Tabla 6.7. DQO en la zona del Trébol

Tabla 6.8 Cargas contaminantes promedio zona Trébol

Tabla 6.9 Caracterización de la Quebrada el Perro (1-5 a.m)

Tabla 6.10 Cargas Contaminantes Quebrada el Perro (1-5 a.m)

Tabla 6.11 Caracterización de la Quebrada el Perro (6-8 a.m)

Tabla 6.12 Cargas Contaminantes Quebrada el Perro (6-8 a.m)

Tabla 6.13 Caracterización de la Quebrada el Perro (9 a.m-12 a.m)

Tabla 6.14 Cargas Contaminantes Quebrada el Perro (9 a.m-12 a.m)

Tabla 6.15 Caracterización descole la Enea (Muestreo 10 horas)

Tabla 6.16 Cargas contaminantes descole La Enea (Muestreo 10 horas)

Tabla 6.17 Caracterización descole la Enea (Muestreo 24 horas)

Tabla 6.18 Cargas contaminantes descole La Enea (Muestreo 24 horas)

Tabla 6.19 Área de Influencia y Caudal medio para la Quebrada Palermo

Tabla 6.20 Área de Influencia y Caudal medio para la Zona del Trébol

Tabla 6.21 Área de Influencia y Caudal medio para el Trébol

Tabla 6.22 Área de Influencia y Caudal medio para la Quebrada El Perro

Tabla 6.23 Área de Influencia y Caudal medio para El Bosque Popular

Tabla 6.24 Área de Influencia y Caudal medio para la Zona entre Lusitania-

Tabla 6.25 Área de Influencia y Caudal máximo para Lusitania

Tabla 6.26 Área de Influencia y Caudal medio para la Enea

Tabla 6.27 Área de Influencia y Caudal medio para la Alhambra

Tabla 7.1 Calidad del Agua en el Canal de la CHEC sin recibir ningún vertimiento

Tabla 10.1 Remoción entre la bocatoma y el desarenador # 1

Tabla 10.2 Remoción entre el desarenador # 1 y el tanque de lodos

Tabla 10.3 Remoción entre el tanque de lodos y el desarenador # 2

Tabla 10.4 Remoción entre el desarenador # 2 y el tanque de carga

Tabla 10.5 Remoción entre el tanque de carga y la planta de generación  
Sancancio

Tabla 10.6 Remoción entre la bocatoma y la planta de generación Sancancio

## **1. RESUMEN**

Se evaluó la viabilidad de la implementación de un modelo para la utilización de la infraestructura instalada de generación de energía eléctrica de la empresa CHEC, desde la bocatoma Sancancio hasta la planta de Generación del mismo nombre, para la disposición, tratamiento y transporte de las aguas residuales de la ladera sur de la ciudad de Manizales. Inicialmente se identificaron los descoles de ésta área de la ciudad, y se determinaron las características en cuanto a calidad y cantidad de los mismos. Posteriormente se simuló el comportamiento hidráulico del canal y se evaluó la capacidad asimilativa del agua del canal al recibir los aportes de las aguas residuales urbanas. Finalmente se calculó la capacidad de remoción de carga contaminante en las mismas estructuras y se determinó la viabilidad técnica de la implementación del modelo.

### **ABSTRACT.**

It was evaluated the implementation viability of a model to use the installed infrastructure utilize to generation of power energy of CHEC company, from Water caption Sancancio to generation plant of the same name, to disposition, treatment and transport of wastewaters of south hillside of Manizales city. First was identify the point of discharges of the city area, and was determinate the quality and quantity characteristics of those. Then was simulated the hydraulic behavior of the channel and was evaluated the assimilation capacity of the channel water when receive the contribute residual urban waters. Finally it was calculated the removal capacity of contaminant load in the same structures and was determinate the technical viability in the model implementation.



## **2. OBJETIVO GENERAL**

- Plantear un modelo para la utilización de la infraestructura de generación de energía eléctrica que posee la Central Hidroeléctrica de Caldas, desde la bocatoma hasta después de la planta Sancancio para la disposición tratamiento y transporte de las aguas residuales de la ladera sur de la ciudad de Manizales.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características del agua residual en cuanto a calidad y cantidad del área de influencia.
- Simular el comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en las estructuras existentes del sistema de generación (desarenador, sedimentador de lodos y generador), con y sin los aportes determinados.
- Evaluar la capacidad asimilativa de la corriente que se desplaza por el canal al recibir la carga vertida.
- Evaluar la capacidad de remoción de carga contaminante en las estructuras existentes sobre el canal de conducción a la planta de Sancancio.
- Con base en el análisis de resultados se determinará la viabilidad técnica para la implementación del modelo.

### **3. INTRODUCCIÓN**

Existe contaminación y degradación ambiental, cuando los residuos que genera el hombre por sus actividades, sobrepasan lo que puede asimilar en forma natural el ecosistema en que vive. En algunos casos el impacto puede crecer gradualmente originando la pérdida en los niveles de los servicios ambientales después de haber sobrepasado un límite impuesto por algún umbral. La solución al problema ambiental será disminuir el nivel de contaminación o recuperar en lo posible los bienes que se encuentran deteriorados<sup>1</sup>.

La creciente concentración e incremento de la población especialmente en los centros urbanos, genera diariamente mayores caudales de aguas residuales de todo tipo que deben ser tratadas o reutilizadas, antes de su vertimiento a los ríos, con el fin de evitar su contaminación y consecuente riesgo sobre la salud pública, la vida acuática, la productividad y la sostenibilidad del recurso para las generaciones futuras<sup>1</sup>.

La depuración de aguas residuales municipales requiere de soluciones eficientes y económicas, que respondan a las necesidades de saneamiento específicas de la región, de acuerdo a la disponibilidad de recursos<sup>2</sup>.

El diagnóstico nos indica que en la actualidad, se presentan serias deficiencias para tratar las aguas residuales. En el país y en la región, falta mucho camino por recorrer para garantizar, el adecuado tratamiento de las aguas residuales municipales, como servicio público complementario al de alcantarillado.

Las soluciones para el tratamiento deben ser en buena medida innovadoras y surgidas del conocimiento profundo de la problemática específica que presenta la región. El enfoque convencional importado de los países desarrollados ha mostrado sus limitaciones, fundamentalmente por requerir montos de inversión para su construcción y operación muy elevados. La diversidad de opciones

tecnológicas disponibles en la actualidad hace complicada la tarea de evaluar y seleccionar el sistema y la tecnología más adecuada para cada aplicación. Se puede considerar que el mejor tren de tratamiento será aquel que con el máximo de economía y el mínimo de complejidad, alcance la calidad de agua requerida, ya sea para su descarga al medio natural o para su re-uso. Este concepto, aparentemente obvio, no se ha aplicado en un buen número de ocasiones, considerando que se traduce en una oportunidad para demostrar la creatividad e innovación de la ingeniería para buscar respuestas propias a una problemática real. De esta forma es imperativo que se desarrollen e implementen sistemas administrativos, financieros y tecnológicos que realmente respondan a las necesidades y limitaciones de los usuarios<sup>1</sup>.

Para el tratamiento de aguas residuales o contaminadas existen diversos procesos y/o operaciones unitarias que con una adecuada selección y combinación, pueden atenuar la mayoría de las necesidades de disposición final o reaprovechamiento<sup>3</sup>.

Tomando el modelo de sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales cuya implementación permite, además, identificar nuevas oportunidades de negocio; surge la alternativa del uso de las aguas residuales sometidas a un pretratamiento en el canal en la generación de energía. En la actualidad la CHEC capta la totalidad del caudal del río Chinchiná lo cual no le permite asimilar las cargas que recibe en todo el tramo urbano del distrito sur.

Es importante considerar que dentro de estos modelos de tratamiento y uso de las aguas residuales, no solamente se libera una cantidad importante de aporte en la carga contaminante de los vertimientos directos sobre el río, sino que también se libera un caudal que no requiere ser captado para el uso en la generación de energía ya que es suplido por el aporte de los vertimientos de las aguas residuales domésticas.

Bajo este contexto y considerando que existe una infraestructura para realizar una disposición y pretratamiento que permita que las aguas residuales vertidas al canal sean usadas para la generación de energía, tomar este modelo permite investigar una opción para fomentar el re-uso como alternativa segura y de bajo costo para el tratamiento y disposición final de las aguas residuales, bajo este esquema se busca consolidar instrumentos novedosos para la implementación de esta práctica.

El reto es ganar experiencia, diseminar las tecnologías propias y acordes con la capacidad económica de los usuarios, con la topografía y con el medio.

#### 4. ANTECEDENTES

El crecimiento acelerado de la población, especialmente en países en vía de desarrollo, la contaminación de los cuerpos de agua superficial y subterránea, la distribución desigual del recurso hídrico y los graves períodos secos, han forzado a buscar nuevas e innovadoras fuentes de abastecimiento de agua, y las aguas residuales son convertidas en una fuente adicional para la demanda del recurso<sup>4</sup>.

Y es que realmente los desechos humanos son un recurso natural con un alto valor económico y por este motivo no deberían ser desperdiciados<sup>5</sup>. En el caso de las aguas residuales, su riqueza radica en dos factores importantes y es que contienen energía y nutrientes. De ahí, que dentro del tratamiento de las aguas residuales, se está investigando y experimentando su re-uso, que es posible, básicamente en tres campos como son el riego de cultivos, la generación de energía y acuicultura, o sea la cría de especies de flora y fauna, propios del ambiente acuático, como peces y camarones<sup>6</sup>.

La mayor parte del re-uso ha sido dirigido hacia el riego de cultivos. Actualmente, en América Latina alrededor de 400 m<sup>3</sup>/s de agua residual cruda es entregada a fuentes superficiales y cerca de 500 000 hectáreas son irrigadas, la mayoría con agua cruda. En Colombia, el re-uso de agua residual es realizado de manera indirecta. Solamente el 8% de los 6 millones de metros cúbicos de agua residual cruda que se producen diariamente son tratados <sup>4</sup>.

Por otra parte, en los países con gran tradición piscícola se están incorporando las aguas residuales a los estanques de cultivo, sin ningún tratamiento previo. Es el caso de Calcuta en la India, existen más de 10.000 ha de estanques alimentados con aguas crudas, lo que ocasiona un alto riesgo sanitario que aún no ha sido evaluado. En cambio, los países desarrollados están usando la crianza de peces como una forma de mejorar la remoción de materia orgánica, sin que importe la calidad del producto ya que no se destina al consumo humano directo<sup>4</sup>.

Otra tecnología específica de tratamiento de aguas residuales se ha implementado a través del cultivo de especies vegetales como el jacinto de agua o la lenteja de agua, plantas que se encargan de depurar el agua residual, es decir de disminuir el contenido de contaminantes, para poder ser reusada<sup>6</sup>.

En cuanto al re-uso de la energía, pues el agua residual la tiene y está contenida en sus diferentes compuestos orgánicos, se logra por medio de unas tecnologías que producen biogás, el cual sirve, por ejemplo, para la cocción de alimentos o cría de algunos animales<sup>6</sup>.

En el Valle del Cauca hay experiencias de re-uso de energía, en incubadoras para crecimiento de cerdos y pollos pero puede aplicarse a otro tipo de actividades económicas, con riesgos mínimos que desde luego deben ser estudiados y prevenidos<sup>6</sup>.

Otra forma de re-uso que no se ha mencionado aún es el uso del agua residual urbana en la generación de energía eléctrica, cabe anotar que de esta forma de re-uso no se conocen antecedentes claros.

Las centrales hidroeléctricas demandan grandes cantidades de agua para el proceso de producción, por lo cual hacen uso de fuentes hídricas que han sido deterioradas gradualmente; adicionándole además, los vertimientos domésticos, comerciales e industriales. Con el propósito de minimizar el impacto, se plantea este estudio enfocado precisamente a evaluar la viabilidad del uso de las aguas servidas de la ladera sur de la ciudad de Manizales como fuente de abastecimiento para la Central Hidroeléctrica de Caldas en su proceso de generación de energía y de descontaminación del río Chinchiná.

## **5. INFORMACIÓN BÁSICA**

### **5.1 CENTRAL HODROELÉCTRICA DE CALDAS: CHEC**

El objetivo de la empresa es la generación de energía eléctrica, su distribución, construcción de centrales generadoras, subestaciones, líneas de transmisión y redes de distribución, además del manejo y protección de las fuentes de agua, que alimentan las plantas de generación hidroeléctrica.

El sistema hidroeléctrico CHEC tiene para la generación de energía dos grupos de plantas de acuerdo a la capacidad que éstas tienen así: plantas menores y plantas mayores<sup>7</sup>.

#### **PLANTAS MENORES:**

Pertenecen a éste grupo las plantas de Sancancio, Intermedia y Municipal que utilizan las aguas del Río Chinchiná antes de la confluencia del Río Claro y la planta Guacaica.

La central de Sancancio tiene una capacidad instalada de 2,4 MW. La central Intermedia utiliza las aguas que salen de la Central de Sancancio, tiene una capacidad de 1,2 MW. La central Municipal utiliza las aguas que salen de la central intermedia además de otras que son captadas directamente del río de la bocatoma municipal, esta central cuenta con una capacidad de 2,1 MW. La central Guacaica tiene una capacidad instalada de 1 MW.

Estas cuatro centrales constan normalmente de una presa de derivación sobre el cauce del río, una bocatoma, un sistema de conducción (canales y túneles), un desarenador, un tanque y una tubería de carga y una casa de máquinas donde

están las unidades de generación de energía cuya tensión de generación es de 4.160 voltios<sup>7</sup>.

### **PLANTAS MAYORES:**

Pertenecen a éste grupo la Central Ínsula, Central Esmeralda y la Central de San Francisco.

Aguas abajo de la confluencia del Río Chinchiná con el Río Claro se encuentra localizada la bocatoma Montevideo que toma las aguas de éste río para conducir las por medio de canales y túneles, encontrando en su recorrido los sifones metálicos de las mellizas y Cenicafé, hacia la hoya hidrográfica de la quebrada Cameguadua hasta el embalse del mismo nombre, donde se une con las aguas provenientes de la hoya hidrográfica del Río Campo Alegre, a través de otro sistema canal-túnel y aguas de la quebrada mencionada. Luego de este embalse, las aguas son conducidas a través del túnel Curazao hacia la hoya hidrográfica del Río Campo Alegre, hasta llegar a la Central Ínsula con una capacidad de 27 MW, y su tensión de generación es de 4.160 voltios que son elevados a 33 KV por medio de transformadores de potencia,; energía que es enviada a la subestación Ínsula<sup>7</sup>.

### **CAUDALES DE DISEÑOS DE LAS PLANTAS:**

**Tabla 5.1 Caudales de Diseño de las Plantas Menores de la CHEC<sup>8</sup>**

<b>BOCATOMA Y/O PLANTA</b>	<b>ÁREA AFERENTE (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>CAUDAL DE DISEÑO (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>CAUDAL MEDIO DEL RÍO (m<sup>3</sup>/s)</b>
Planta Sancancio	228.3	4.00	6.20
Planta Intermedia	271.0	4.00	7.30
Planta Municipal	275.4	5.60	7.40
Río Chinchiná	511.0	10.00	6.09
Río Campoalegre	304.0	11.00	7.00



Planta Ínsula		16.60	
Planta Esmeralda		22.00	
Río San Francisco	72.0	7.00	6.00
Planta Sancancio		90.00	

## 5.2 CUENCA DEL RÍO CHINCHINÁ:

El río Chinchiná nace en la vertiente occidental de la cordillera central y vierte sus aguas al río Cauca, 10 Km. aguas abajo de la población de Arauca (Caldas).

Se encuentra situada en la vertiente occidental del macizo volcánico del Ruiz, compuesta por una gran unidad fisiográfica que es la cordillera central, demarcada al norte por la cuenca del río Blanco, al sur por el sistema hídrico del río Campoalegre, al este con la cuenca del río Gualí y al oeste con la cuenca media del río Cauca. Las cotas más altas corresponden a los 4600 m.s.n.m y al desembocar en el río Cauca llega a la cota 815 m.s.n.m.

La cuenca se considera dentro de la zona de convergencia intertropical que determina algunas de las características del clima tales como: lluvias, contenido de humedad y régimen térmico, definiendo esta área dentro de un clima ecuatorial modificado por la presencia del sistema montañoso andino, el cual con la variación altimétrica produce diversidad de sistemas climáticos encontrando un rango amplio en la temperatura variando desde los 16,3°C a una altura de 2000 m.s.n.m hasta los 4,6°C a una altura de 4150 m.s.n.m.

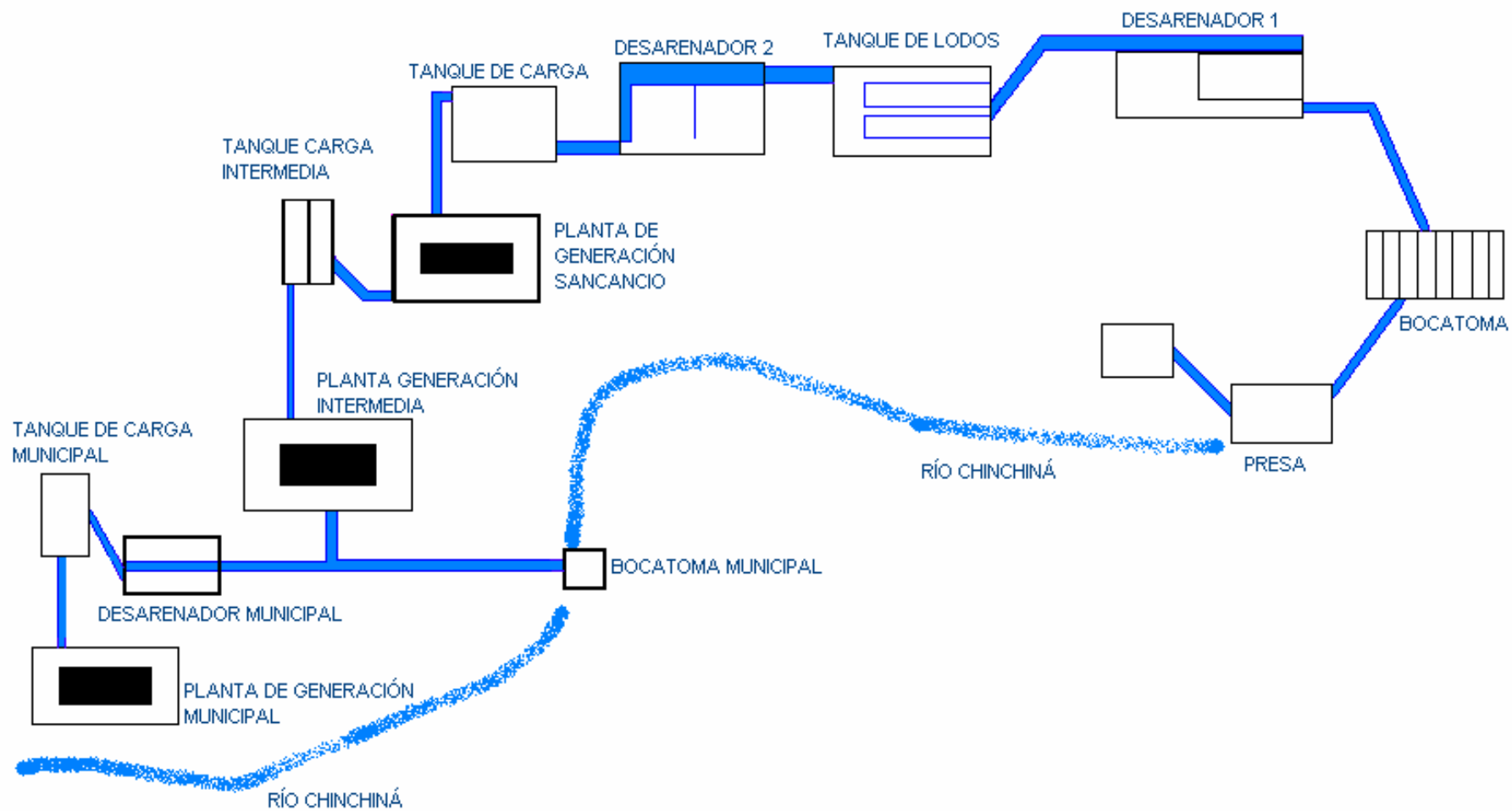
La cuenca se encuentra altamente intervenida por la actividad agrícola, industrial y urbana. Los bosques naturales sólo cubren un 34% y los pastos tienen una cobertura del 42%.

La cuenca cuenta con un buen cubrimiento de estaciones hidrometeoro lógicas. Se tienen 13 estaciones metereológicas y 5 estaciones de registro de caudal en un área de 650 Km<sup>2</sup>.<sup>8</sup>

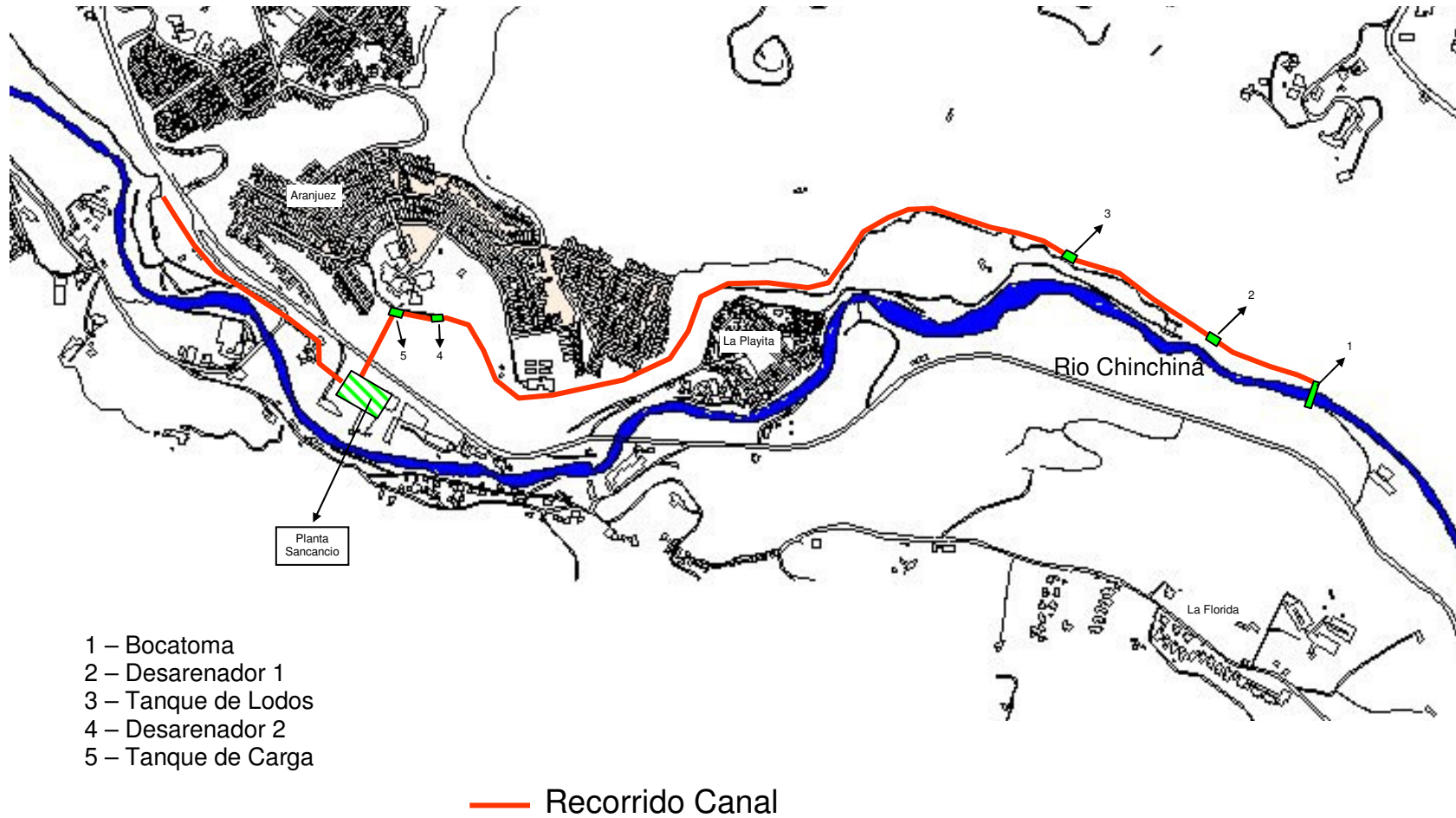
### **5.3 SISTEMA DE GENERACIÓN PLANTAS MENORES:**

A continuación se presenta el diagrama del sistema de generación de las plantas menores de la CHEC:

## SISTEMA GENERACIÓN PLANTAS MENORES



# SISTEMA DE GENERACIÓN DE LA CHEC PLANTA SANCANCIO – AREA DE ESTUDIO



El modelo para la utilización de la infraestructura existente de generación de energía, se realizará desde la bocatoma hasta la Planta de Generación Sancancio.

#### **5.4 AGUA RESIDUAL URBANA PROVENIENTE DE LA LADERA SUR DE MANIZALES:**

En el anexo A, se identifican claramente los descoles provenientes de la ladera sur de la ciudad: uno de ellos proviene de la quebrada Palermo, el otro, de la zona identificada como el Trébol y por último las aguas provenientes de la quebrada El Perro y la Enea. Para evaluar la factibilidad de la disposición, tratamiento y transporte de las aguas residuales en la generación de energía en la planta instalada de la CHEC, se caracterizará y evaluará la calidad y cantidad de agua de estos dos descoles.

## 6. CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA RESIDUAL URBANA

Para determinar las características del agua residual, se realizaron muestreos de lunes a viernes según las condiciones impuestas por el IDEAM<sup>9</sup> y el análisis de las muestras según el Standard Methods<sup>10</sup>. A estas muestras se les midió: DBO, DQO y SST, con el fin de identificar las condiciones del agua residual. Las siguientes son las características más importantes de los muestreos:

Clima: Lluvioso.

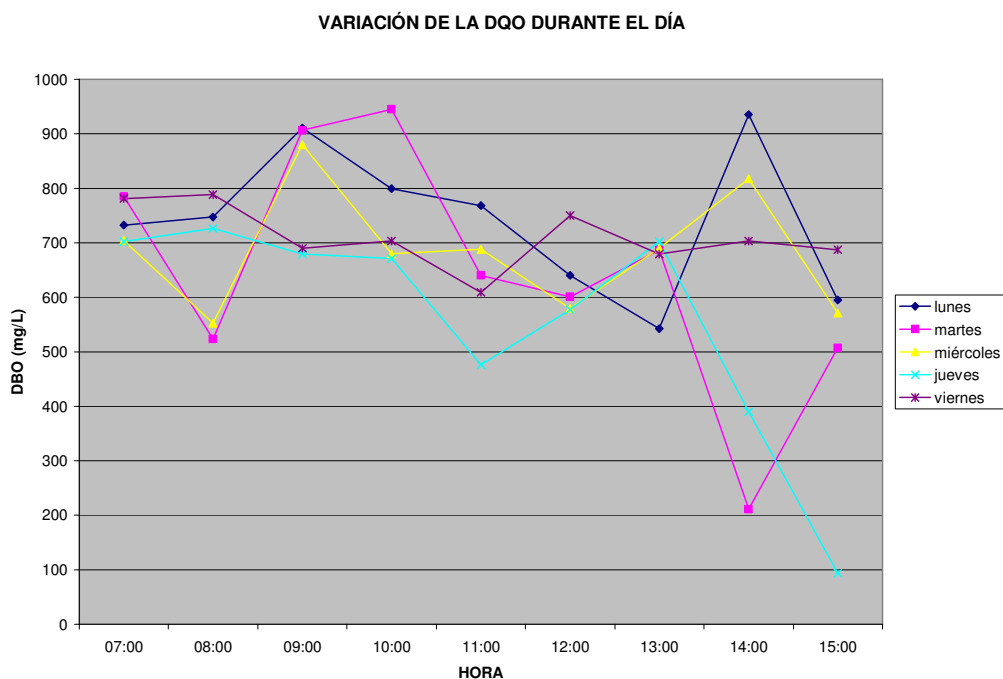
Tipo de muestra: Puntual.

Tiempo de Muestreo: 8 horas.

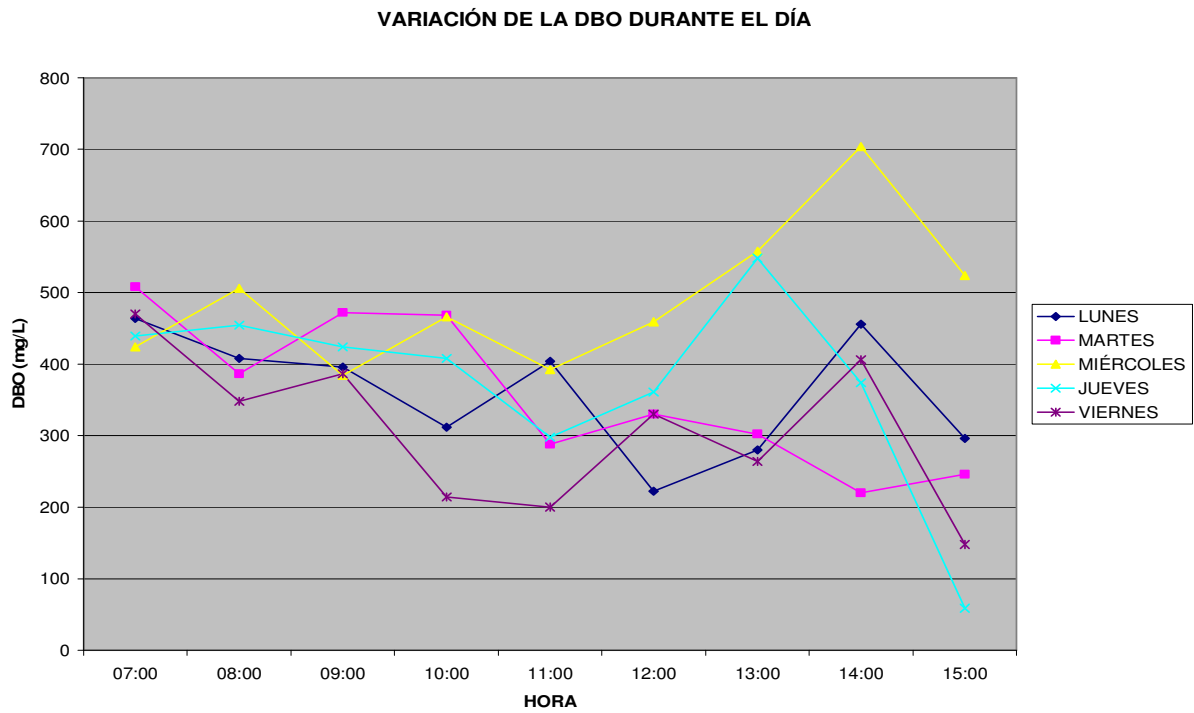
Estas caracterizaciones permitieron establecer no solo la concentración de los principales constituyentes, sino también el comportamiento de estos con respecto al tiempo.

### 6.1 QUEBRADA PALERMO:

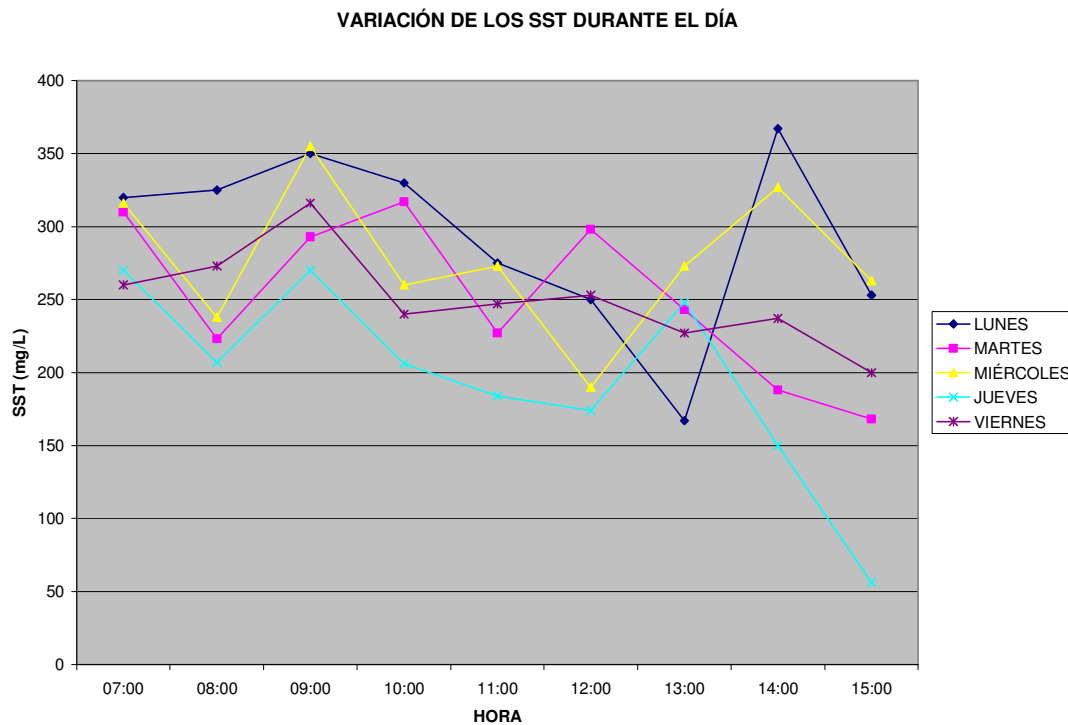
**GRÁFICA 6.1 Variación de la DQO en la Quebrada Palermo**



## GRÁFICA 6.2 Variación de la DBO en la Quebrada Palermo



## GRÁFICA 6.3 Variación de los SST en la Quebrada Palermo



Las siguientes tablas presentan los valores máximos y mínimos y los promedios aritméticos de estos constituyentes en cada uno de los días en los cuales se realizaron las caracterizaciones:

**TABLA 6.1. DQO en la Quebrada Palermo**

<b>DÍA</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>PROMEDIO ARITMÉTICO</b>
Lunes	935	542	741
Martes	945	211	645
Miércoles	880	552	684
Jueves	726	94	557
Viernes	788	609	710

**TABLA 6.2. DBO en la Quebrada Palermo**

<b>DÍA</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>PROMEDIO ARITMÉTICO</b>
Lunes	424	362	360
Martes	508	220	358
Miércoles	704	384	491
Jueves	548	59	374
Viernes	470	148	307

**TABLA 6.3. SST en la Quebrada Palermo**



DÍA	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO ARITMÉTICO
Lunes	350	167	293
Martes	318	168	252
Miércoles	355	190	277
Jueves	270	56	196
Viernes	316	200	250

### 6.1.1 Cargas contaminantes Quebrada Palermo

De acuerdo a los valores reportados en las tablas 6.1, 6.2 y 6.3 se calculó la carga contaminante promedio de los tres constituyentes medidos (DBO,DQO y SST) como se ve:

$$CC = C * Q * 0,0864 \left( \frac{Kg}{día} \right)$$

En donde:

$CC$  : Carga Contaminante  $\frac{Kg}{día}$

$Q$  : Caudal  $\frac{L}{s}$

$C$  : Concentración del Constituyente  $\frac{mg}{L}$

0,0864 : Factor de Corrección

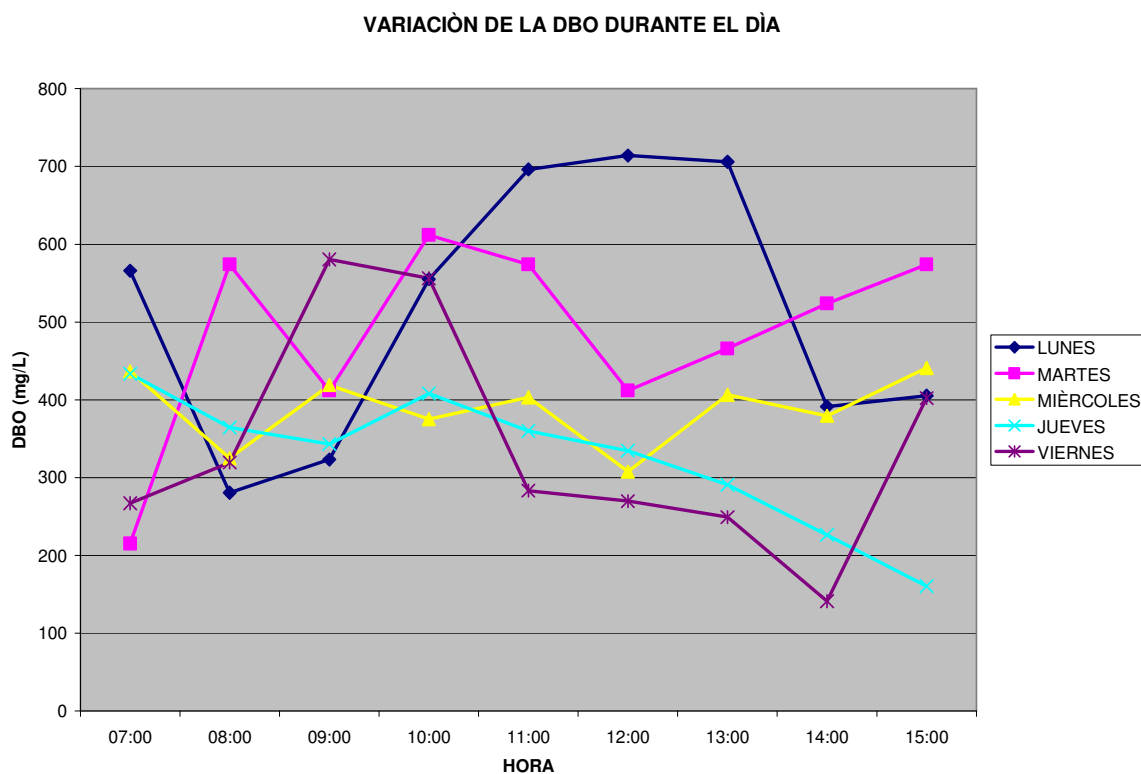
**TABLA 6.4 Cargas contaminantes promedio en la Quebrada Palermo**

CC	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Kg DBO/día	864,69	859,89	1179,34	898,32	737,39
Kg DQO/día	1779,82	1549,24	1642,91	1337,87	1705,36
Kg SST/día	703,76	605,28	665,33	470,78	600,48

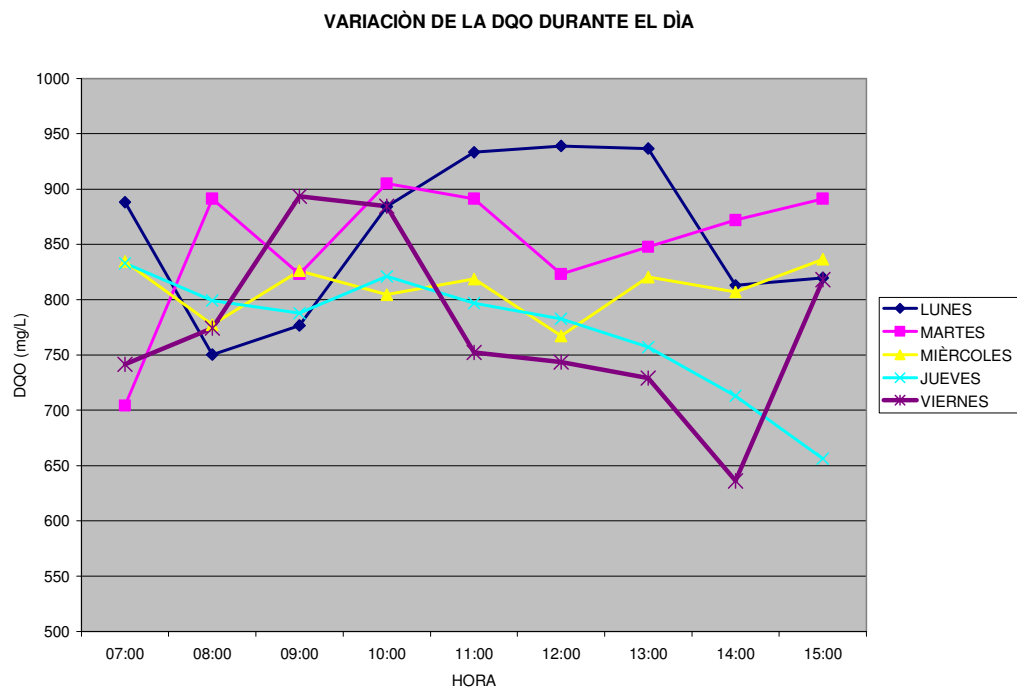
## 6.2 ZONA EL TRÉBOL:

Para caracterizar la zona del trébol (Ver Anexo A), se siguió el mismo procedimiento anterior, se midió DBO, DQO y SST, se estableció la relación entre cada uno de estos constituyentes a medida que transcurría el día y se extrajeron los valores máximos, mínimos y promedios de cada uno de los constituyentes.

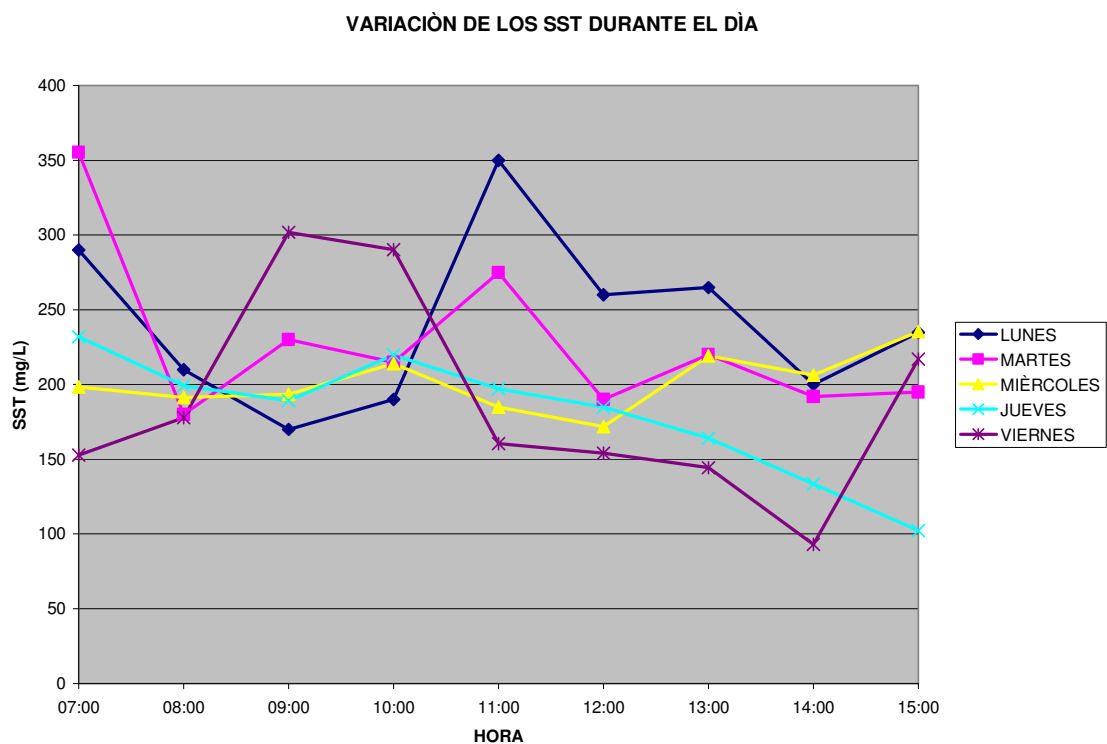
### GRÁFICA 6.4 VARIACIÓN DE LA DBO EN EL TRÉBOL



### GRÁFICA 6.5 VARIACIÓN DE LA DQO EN EL TRÉBOL



**GRÁFICA 6.6 VARIACIÓN DE LOS SST EN EL TRÉBOL**



**TABLA 6.5. SST en la zona del Trébol**

<b>DÍA</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>PROMEDIO ARITMÉTICO</b>
Lunes	350	170	241,11
Martes	355,3	180	228,03
Miércoles	235,47	172	201,63
Jueves	231,9	133,5	180,17
Viernes	301,79	92,85	187,93

**TABLA 6.6. DBO en la zona del Trébol**

<b>DÍA</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>PROMEDIO ARITMÉTICO</b>
Lunes	714	280,5	515,28
Martes	612	215	484,78
Miércoles	440,91	307,44	388,13
Jueves	433,41	160,48	324,61
Viernes	580,38	140,99	340,94

**TABLA 6.7. DQO en la zona del Trébol**

<b>DÍA</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>PROMEDIO ARITMÉTICO</b>
Lunes	939,05	750,42	860,05
Martes	904,94	704,02	849,75
Miércoles	836,46	767,12	810,25
Jueves	833,02	656,3	771,84

Viernes	893,5	636,22	774,79
---------	-------	--------	--------

### 6.2.1 Cargas contaminantes Zona Trébol

De acuerdo a los valores reportados en las tablas 4.5, 4.6 y 4.7 se calculó la carga contaminante promedio de los tres constituyentes medidos (DBO,DQO y SST) como se ve:

$$CC = C * Q * 0,0864 \left( \frac{Kg}{día} \right)$$

En donde:

$CC$  : Carga Contaminante  $\frac{Kg}{día}$

$Q$  : Caudal  $\frac{L}{s}$

$C$  : Concentración del Constituyente  $\frac{mg}{L}$

0,0864 : Factor de Corrección

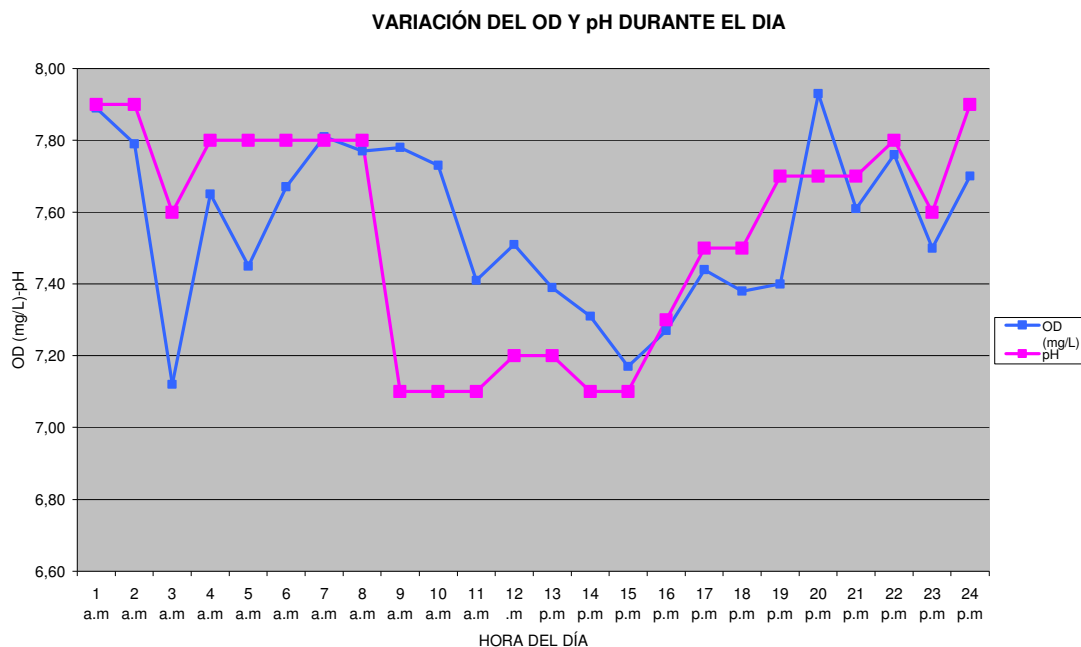
**TABLA 6.8 Cargas contaminantes promedio zona Trébol**

CC	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
<b>Kg DQO/día</b>	885,76	875,15	834,47	794,91	797,95
<b>Kg DBO/día</b>	530,68	499,27	399,73	334,31	351,13
<b>Kg SST/día</b>	248,32	234,85	207,66	185,55	193,55

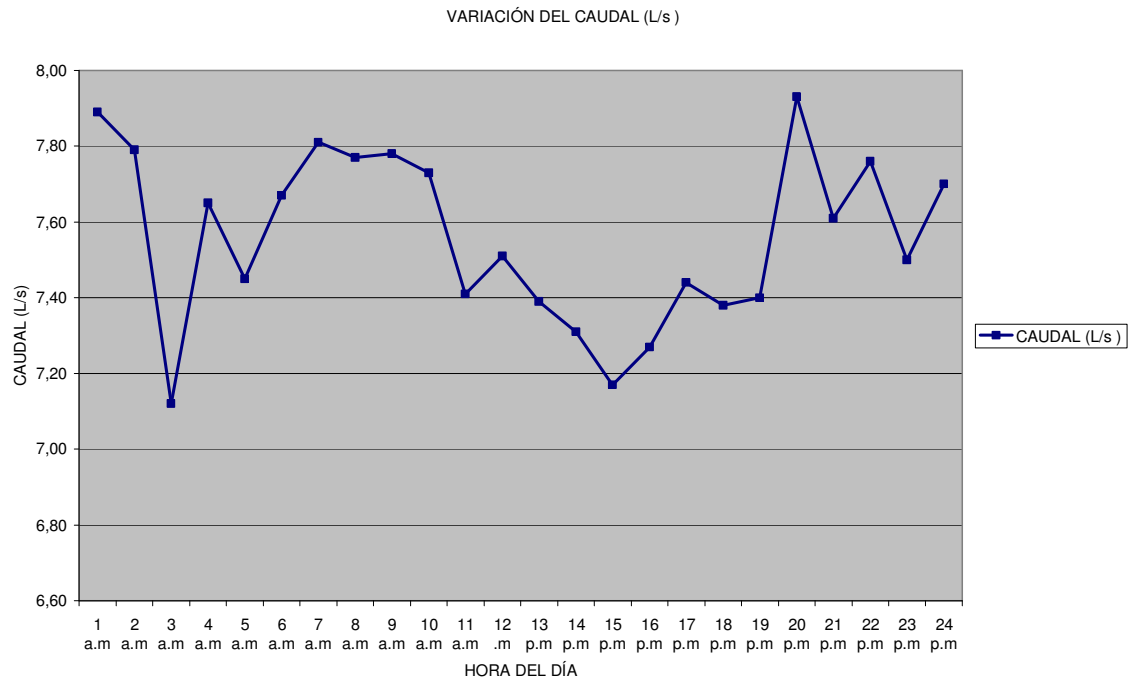
### 6.3 QUEBRADA EL PERRO:

En esta quebrada se realizaron muestreos puntuales durante un periodo de 24 horas, a estas muestras se les midió: caudal, oxígeno disuelto, pH y temperatura. El muestreo se dividió en tres tramos dada la intensidad de la lluvia y en cada tramo se obtuvo una muestra compuesta a la que se le midió: DQO, DBO, SST SSV, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, cloruros, alcalinidad, grasas y aceites, acidez, detergentes y pH. (Ver Anexo B-3). Las variaciones de estos parámetros con respecto al tiempo se pueden observar como sigue:

**GRÁFICA 6.7 VARIACIÓN DEL OD Y PH EN LA QUEBRADA EL PERRO**



**GRÁFICA 6.8 VARIACIÓN DE CAUDAL EN LA QUEBRADA EL PERRO**



Las concentraciones de los parámetros medidos para cada tramo muestreado son:

Desde la 1 a.m hasta las 5 a.m.:

**Tabla 6.9 Caracterización de la Quebrada el Perro (1-5 a.m)**

<b>DQO</b> mg/L	<b>DBO<sub>5</sub></b> mg/L	<b>SST</b> mg/L	<b>SSV</b> mg/L	<b>NO<sub>2</sub></b> mg/Lt	<b>PO<sub>4</sub></b> mg/Lt
97	34,7	308	96	0,026	0,227
<b>CLORUROS</b> mg/Lt	<b>ALCALINIDAD</b> D mg/Lt CaCO <sub>3</sub>	<b>GRASAS Y</b> <b>ACEITES</b> mg/Lt	<b>ACIDEZ</b> mg/Lt CaCO <sub>3</sub>	<b>DETERGENTE</b> S mg/Lt	<b>PH</b>
4	62		6	0,36	7,8

Las cargas contaminantes son:

**Tabla 6.10 Cargas Contaminantes Quebrada el Perro (1-5 a.m)**

<b>Cc DBO<sub>5</sub></b>	<b>31,49</b>	<b>Kg/3horas</b>
<b>Cc DQO</b>	<b>87,04</b>	<b>Kg/3horas</b>
<b>Cc S.S.T</b>	<b>242,20</b>	<b>Kg/3horas</b>
<b>Cc SAAM</b>	<b>0,35</b>	<b>Kg/3horas</b>

Desde las 6 a.m hasta las 8 a.m:

**Tabla 6.11 Caracterización de la Quebrada el Perro (6-8 a.m)**

<b>DQO mg/L</b>	<b>DBO<sub>5</sub> mg/L</b>	<b>SST mg/L</b>	<b>SSV mg/L</b>	<b>NO<sub>2</sub> mg/Lt</b>	<b>PO<sub>4</sub> mg/Lt</b>
115	41,6	320	108	0,022	0,365
<b>CLORUROS mg/Lt</b>	<b>ALCALINIDAD mg/Lt CaCO<sub>3</sub></b>	<b>GRASAS Y ACEITES mg/Lt</b>	<b>ACIDEZ mg/LCaCO<sub>3</sub></b>	<b>DETERGENTES mg/Lt</b>	<b>PH</b>
6	63		6	0,46	7,8

El proceso para calcular las cargas contaminantes es el mismo al mostrado en la Quebrada Palermo y éstas son:

**Tabla 6.12 Cargas Contaminantes Quebrada el Perro (6-8 a.m)**

<b>Cc DBO<sub>5</sub></b>	<b>78,36</b>	<b>Kg/5horas</b>
---------------------------	--------------	------------------



<b>Cc DQO</b>	<b>219,05</b>	<b>Kg/5horas</b>
<b>Cc S.S.T</b>	<b>695,55</b>	<b>Kg/5horas</b>
<b>Cc SAAM</b>	<b>0,81</b>	<b>Kg/5horas</b>

El otro espacio de tiempo caracterizado es el que comprende desde las 9 a.m hasta las 12 a.m.:

**Tabla 6.13 Caracterización de la Quebrada el Perro (9 a.m-12 a.m)**

<b>DQO</b> <b>mg/L</b>	<b>DBO<sub>5</sub></b> <b>mg/L</b>	<b>SST</b> <b>mg/L</b>	<b>SSV</b> <b>mg/L</b>	<b>NO<sub>2</sub></b> <b>mg/Lt</b>	<b>PO<sub>4</sub></b> <b>mg/Lt</b>
47	3,4	38	32	0,043	0,126
<b>CLORUROS</b> <b>mg/Lt</b>	<b>ALCALINIDAD</b> <b>mg/Lt CaCO<sub>3</sub></b>	<b>GRASAS Y</b> <b>ACEITES</b> <b>mg/Lt</b>	<b>ACIDEZ</b> <b>mg/LCaCO<sub>3</sub></b>	<b>DETERGENTES</b> <b>mg/Lt</b>	<b>PH</b>
7	74	0	8	1,23	7,2

Las cargas contaminantes para este tramo son como siguen:

**Tabla 6.14 Cargas Contaminantes Quebrada el Perro (9 a.m-12 a.m)**

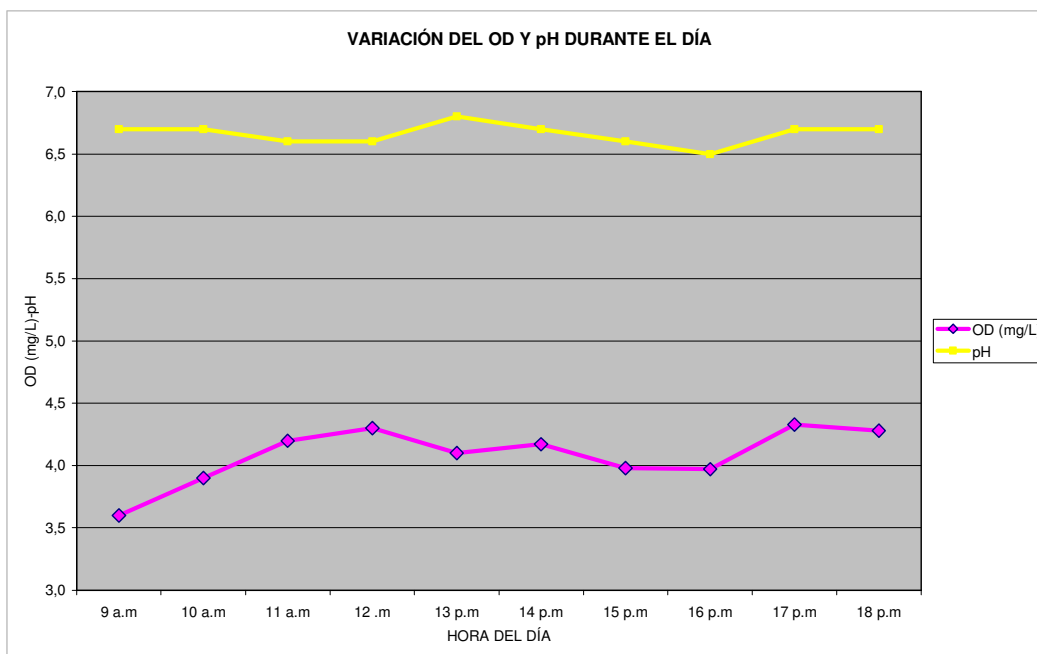
<b>Cc DBO<sub>5</sub></b>	<b>11,05</b>	<b>Kg/16horas</b>
<b>Cc DQO</b>	<b>152,76</b>	<b>Kg/16horas</b>
<b>Cc S.S.T</b>	<b>123,51</b>	<b>Kg/16horas</b>

<b>Cc GRASAS</b>	<b>0,00</b>	<b>Kg/16horas</b>
<b>Cc SAAM</b>	<b>4,00</b>	<b>Kg/16horas</b>

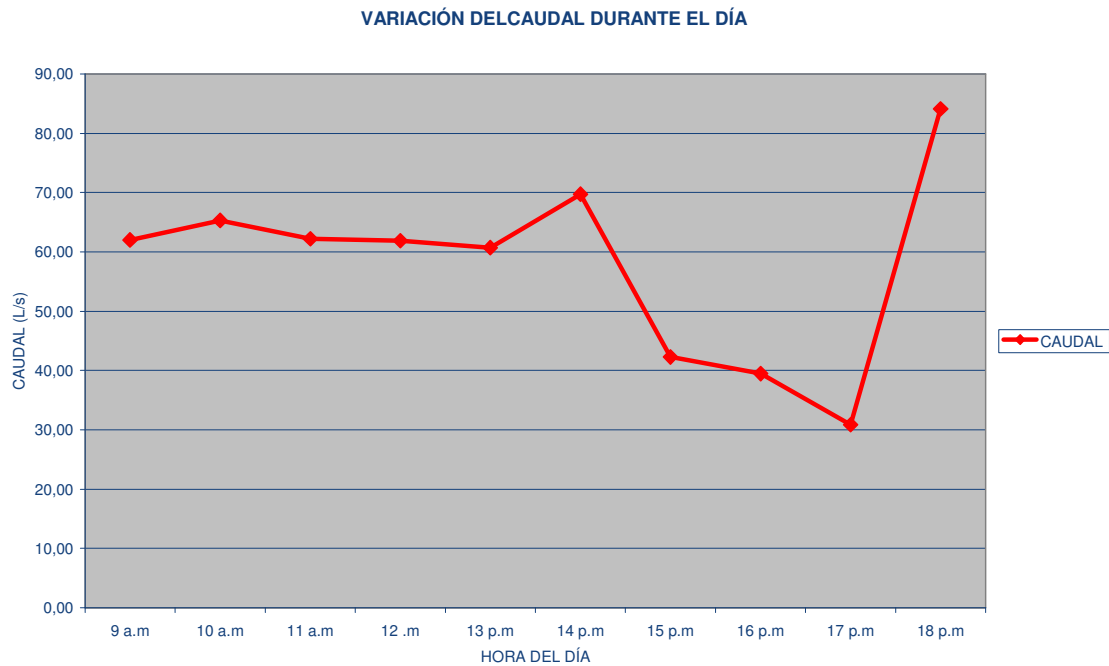
#### 6.4 DESCOLE LA ENEA:

En este descole se realizaron muestreos puntuales durante 10 horas, durante las cuales se midió a cada muestra el caudal, oxígeno disuelto inicial, pH y temperatura, similarmente se obtuvo una muestra compuesta a la que se le evaluó la DQO, DBO, SSV, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, cloruros, alcalinidad, grasas y aceites, acidez, detergentes y pH. (Ver Anexo B-4):

**GRÁFICA 6.9 Variación el OD Y pH descole la enea**



**GRÁFICA 6.10 VARIACIÓN DEL CAUDAL DESCOLE LA ENEA**



A continuación se presentan los resultados de los parámetros medidos:

**Tabla 6.15 Caracterización descole la Enea (Muestreo 10 horas)**

<b>DQO</b> <b>mg/L</b>	<b>DBO<sub>5</sub></b> <b>mg/L</b>	<b>SST</b> <b>mg/L</b>	<b>SSV</b> <b>mg/L</b>	<b>NO<sub>2</sub></b> <b>mg/Lt</b>	<b>PO<sub>4</sub></b> <b>mg/Lt</b>
850	765	320	265	0,08	4,75
<b>CLORURO</b> <b>S mg/Lt</b>	<b>ALCALINIDA</b> <b>D mg/Lt</b> <b>CaCO<sub>3</sub></b>	<b>GRASAS Y</b> <b>ACEITES</b>	<b>ACIDEZ</b> <b>mg/L CaCO<sub>3</sub></b>	<b>DETERGENTE</b> <b>S mg/Lt</b>	<b>PH</b>
27,9	308	141	136	15,45	6,7

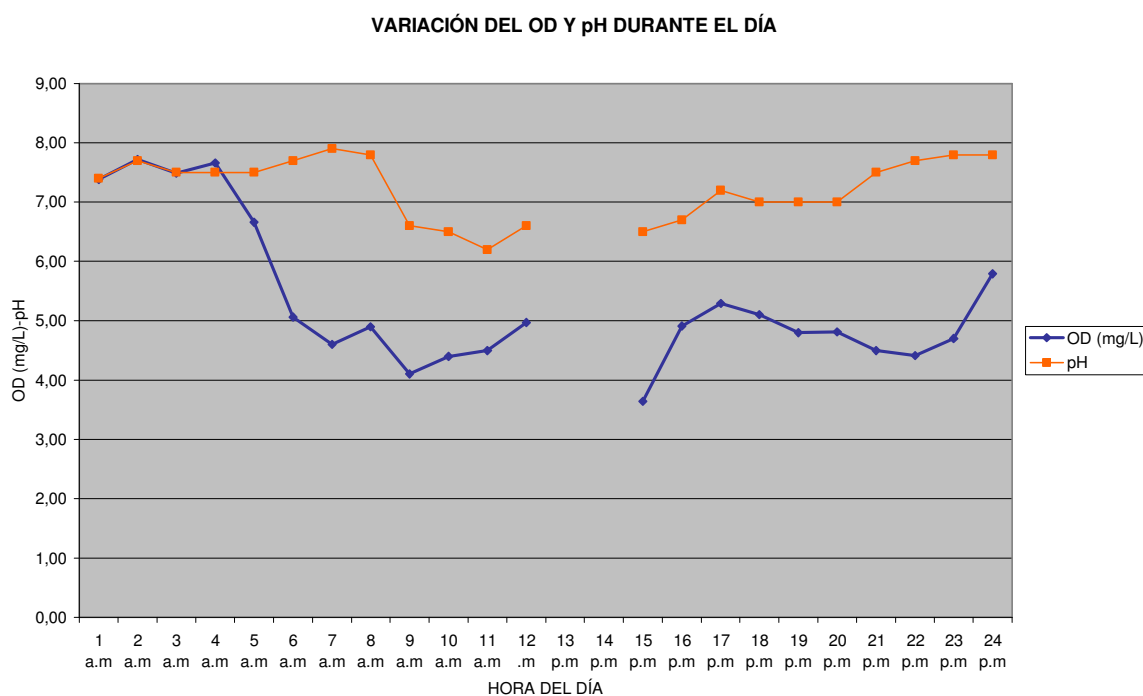
Las cargas contaminantes medidas durante el tiempo de muestreo son:

**Tabla 6.16 Cargas contaminantes descole La Enea (Muestreo 10 horas)**

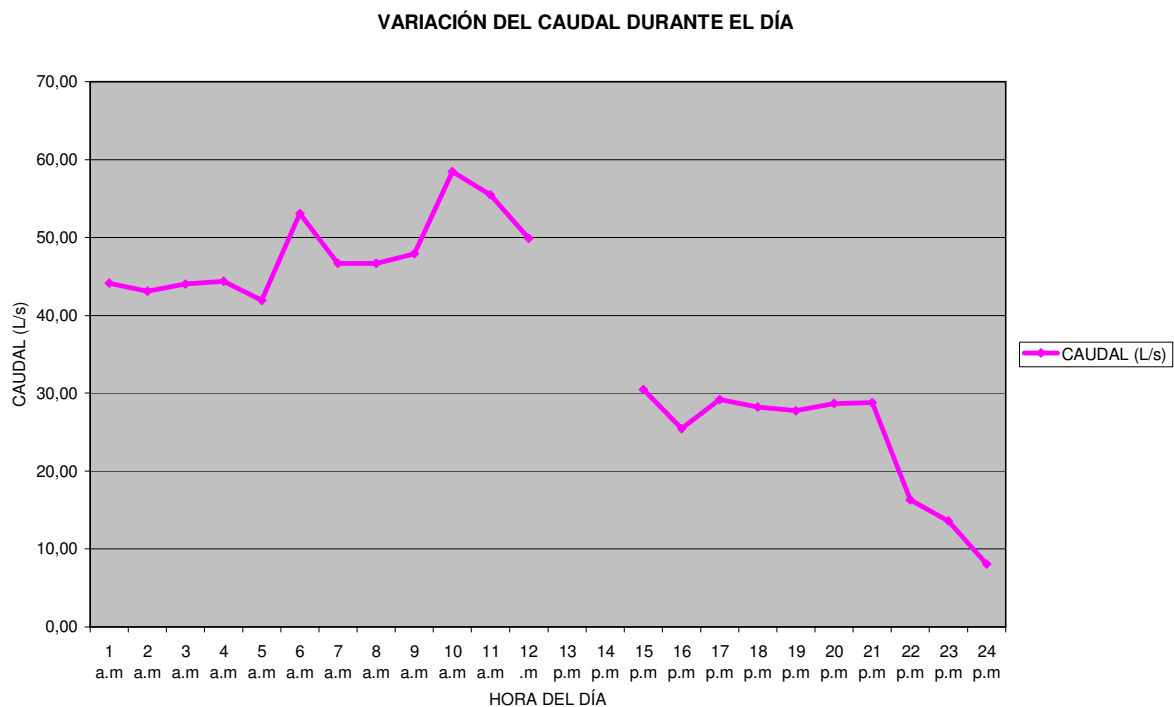
<b>Cc DBO<sub>5</sub></b>	<b>1593,49</b>	<b>Kg/10horas</b>
<b>Cc DQO</b>	<b>1770,55</b>	<b>Kg/10horas</b>
<b>Cc S.S.T</b>	<b>666,56</b>	<b>Kg/10horas</b>
<b>Cc GRASAS</b>	<b>293,70</b>	<b>Kg/10horas</b>
<b>Cc SAAM</b>	<b>32,18</b>	<b>Kg/10horas</b>

En este mismo descole se realizó un muestreo durante 24 horas, los parámetros evaluados fueron los mismos que se realizaron en el muestreo anterior (Ver Anexo B-5):

**GRÁFICA 6.11 VARIACIÓN DEL OD Y pH DESCOLE LA ENEA**



**GRÁFICA 6.12 VARIACIÓN DEL CAUDAL DESCOLE LA ENEA**



Las concentraciones de los constituyentes evaluados así como las cargas contaminantes se presentan a continuación:

**Tabla 6.17 Caracterización descole la Enea (Muestreo 24 horas)**

<b>DQO mg/L</b>	<b>DBO<sub>5</sub> mg/L</b>	<b>SST mg/L</b>	<b>SSV mg/L</b>	<b>NO<sub>2</sub> mg/Lt</b>	<b>PO<sub>4</sub> mg/Lt</b>
533	497	208	0,0833	0,00	3,28
<b>CLORUROS mg/Lt</b>	<b>ALCALINIDAD mg/Lt CaCO<sub>3</sub></b>	<b>GRASAS Y ACEITES</b>	<b>ACIDEZ mg/Lt CaCO<sub>3</sub></b>	<b>DETERGENTES mg/Lt</b>	<b>PH</b>
550	153	89,41	35	8,96	7,2

**Tabla 6.18 Cargas contaminantes descole La Enea (Muestreo 24 horas)**

<b>Cc DBO<sub>5</sub></b>	<b>1585,71</b>	<b>Kg/24horas</b>
<b>Cc DQO</b>	<b>1700,57</b>	<b>Kg/24horas</b>

<b>Cc S.S.T</b>	<b>663,64</b>	<b>Kg/24horas</b>
<b>Cc GRASAS</b>	<b>285,27</b>	<b>Kg/24horas</b>
<b>Cc SAAM</b>	<b>28,59</b>	<b>Kg/24horas</b>

## 6.5 CANTIDAD DE AGUA RESIDUAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Se definieron 9 áreas de estudio: La primera es la Quebrada Palermo (Ver Anexo C.1), el área 2 y 3 corresponde a la zona del trébol que se encuentra situado en el mapa del Anexo C.2. La cuarta cubre toda el área de influencia correspondiente a la quebrada del Perro, la cual se puede observar en el Anexo C.3., la quinta área aferente corresponde al Bosque Popular, anexo C4, La sexta corresponde a la zona comprendida entre Lusitania y La Enea, anexo C5, La Séptima corresponde a Lusitania, anexo C6, la octava corresponde a la Enea, anexo C7 y por último el área 9 correspondiente al sector de la Alambra, anexo C8.

Después de definidas las áreas de estudio se prosiguió a calcular el área de influencia usando el Sistema de Información Geográfico de la Empresa Aguas de Manizales.

En el caso de la Quebrada Palermo, el área de influencia es de 49.8 ha (Anexo C.1).

Según el Plan de Ordenamiento Territorial la densidad de población es de 120 habitantes por hectárea, tomando como referencia la densidad poblacional de la Enea, con esta información es posible calcular el número de habitantes:

$$No. \text{ Habitan tes} = \text{Densidad de Población} * \text{Area de Influencia}$$

$$No. \text{ Habitan tes} = 120 \text{ Hab/ha} * 49.86 \text{ ha} = 5983 \text{ Hab}$$

Teniendo en cuenta que en promedio, hay 4 habitantes por cada vivienda, el número de viviendas será:

$$No. \text{ Viviendas} = \frac{No. \text{ Habitan tes}}{4}$$

$$No. \text{ Viviendas} = \frac{5983 \text{ Hab}}{4} = 1496 \text{ viv}$$

Según información de Aguas Manizales, el caudal medio de acueducto por vivienda es de 0,008 L/seg., con estos dos datos y suponiendo que todo el caudal retorna al alcantarillado, es posible calcular el caudal medio por área:

$$Q_{\text{medio } \grave{a} \text{ rea}} = Q_{\text{medio / vivieda}} * No. \text{ Habitan tes}$$

$$Q_{\text{medio / \acute{a} rea}} = 0,008 \text{ L/seg.} * 5983 = 11.5 \text{ L/seg.}$$

Similarmen te fueron calculados los caudales restantes, encontrándose:

**Tabla 6.19 Área de Influencia y Caudal medio para la Quebrada Palermo**

<b>QUEBRADA PALERMO</b>	
<b>Área 1</b>	<b>51,6 ha</b>
Densidad de Población	120 Hab/ha
No. Habitantes	5983 Hab

No. Viviendas	1496 viviendas
Q medio/vivienda	0,008 L/s
Q medio área	11.5 L/s

**Tabla 6.20 Área de Influencia y Caudal medio para la Zona del Trébol**

<b>ZONA EL TRÉBOL</b>	
<b>Área 2</b>	<b>23.9 ha</b>
Densidad de Población	120 Hab/ha
No. Habitantes	2868 Hab
No. Viviendas	717 viviendas
Q medio/vivienda	0,008 L/s
Q medio área	5.5 L/s

**Tabla 6.21 Área de Influencia y Caudal medio para el Trébol**

<b>ZONA TRÉBOL</b>	
<b>Área 3</b>	<b>6,1 ha</b>
Densidad de Población	120 Hab/ha
No. Habitantes	732 Hab
No. Viviendas	183 viviendas
Q medio/vivienda	0,008 L/s
Q medio área	1.4 L/s

**Tabla 6.22 Área de Influencia y Caudal medio para la Quebrada El Perro**

<b>QUEBRADA EL PERRO</b>	
--------------------------	--



<b>Área 4</b>	<b>96.5 ha</b>
Densidad de Población	120 Hab/ha
No. Habitantes	11580 Hab
No. Viviendas	2895 viviendas
Q medio/vivienda	0,008 L/s
Q medio área	22,3 L/s

**Tabla 6.23 Área de Influencia y Caudal medio para El Bosque Popular**

<b>BOSQUE POPULAR</b>	
<b>Área 5</b>	<b>34.2 ha</b>
Densidad de Población	120 Hab/ha
No. Habitantes	4104 Hab
No. Viviendas	1026 viviendas
Q medio/vivienda	0,008 L/s
Q medio área	7.9 L/s

**Tabla 6.24 Área de Influencia y Caudal medio para la Zona entre Lusitania-Enea**

<b>ZONA ENTRE LUSITANIA-ENEA</b>	
<b>Área 6</b>	<b>2.6 ha</b>
Densidad de Población	120 Hab/ha
No. Habitantes	312 Hab
No. Viviendas	78 viviendas
Q medio/vivienda	0,008 L/s

Q medio área	0.60 L/s
--------------	----------

**Tabla 6.25 Área de Influencia y Caudal máximo para Lusitania**

<b>LUSITANIA</b>	
<b>Área 7</b>	<b>8.4 ha</b>
Densidad de Población	120 Hab/ha
No. Habitantes	1008 Hab
No. Viviendas	252 viviendas
Q medio/vivienda	0,008 L/s
Q medio área	1.9 L/s

**Tabla 6.26 Área de Influencia y Caudal medio para la Enea**

<b>LA ENEA</b>	
<b>Área 8</b>	<b>147.7 ha</b>
Densidad de Población	120 Hab/ha
No. Habitantes	17.724 Hab
No. Viviendas	4431 viviendas
Q medio/vivienda	0,008 L/s
Q medio área	34.2 L/s

**Tabla 6.27 Área de Influencia y Caudal medio para la Alhambra**

<b>La Alhambra</b>	
<b>Área 9</b>	<b>109.8 ha</b>
Densidad de Población	120 Hab/ha
No. Habitantes	13176 Hab
No. Viviendas	3294 viviendas
Q medio/vivienda	0,008 L/s

Q medio área	25.4 L/s
--------------	----------

Como era de esperarse, el mayor caudal encontrado dada su área aferente es para el barrio la Enea. En suma, el caudal que se esperaría coleccionar para ser dirigido hacia el canal de la CHEC es de 110.9 L/s. Como se mencionó antes, el caudal promedio captado por la bocatoma Sancancio es de 4 m<sup>3</sup>/s, lo que indica que las aguas residuales urbanas de la ladera sur de la ciudad, constituirían el 2.8% de las aguas coleccionadas por el Canal de la CHEC.

## 7. CALIDAD DEL AGUA DENTRO DEL CANAL SIN VERTIMIENTO

### 7.1 CALIDAD DEL AGUA EN LAS ESTRUCTURAS DE LA CHEC:

Para conocer las concentraciones de los constituyentes principales del agua dentro del canal de la CHEC, se realizaron muestreos puntuales a lo largo del canal, desde la Bocatoma Sancancio, hasta la Planta de Generación del mismo nombre, donde se encontró:

**Tabla 7.1 Calidad del Agua en el Canal de la CHEC sin recibir ningún vertimiento**

CALIDAD DEL AGUA EN EL CANAL DE LA CHEC				
<i>MUESTRA</i>	pH	TURBIDEZ (NTU)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)
<i>Bocatoma</i>	6,9	50	72	78
<i>Desarenador #1</i>	6,9	44	60	82

<b><i>Tanque de Lodos</i></b>	6,9	38	68	79
<b><i>Desarenador #2</i></b>	6,9	41	84	102
<b><i>Tanque de Carga</i></b>	6,9	46	84	108
<b><i>Planta de Generación</i></b>	6,8	40	60	94

A través del canal no se observa ningún cambio significativo entre los constituyentes del agua y las concentraciones de los mismos son relativamente bajas. El pH no sufre ninguna alteración, y en el caso de la turbidez se observa cómo en algunos caso aumenta ligeramente. Al observar la concentración de la DQO y los SST, a lo largo del canal se observa similarmente leves aumentos.

## **7.2 IMPACTO SOBRE EL RIO CHINCHINÁ:**

El agua que es captada por la Bocatoma Sancancio es retenida en cada una de las unidades que componen el proceso de generación; durante este tiempo de retención se producen lodos que son vertidos al Río Chinchiná. La siguiente información reporta la variación del oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales en el Río Chinchiná, antes, después y en el sitio de descarga de lodos, en cada una de las unidades que conforman el proceso de generación de energía desde la bocatoma hasta la planta de generación Sancancio, así como la variación de estos parámetros con respecto a los tiempos de descarga de cada unidad. Estos muestreos fueron realizados por la CHEC y suministrados por la misma empresa.

### **7.2.1 BOCATOMA SANCANCIO**

Inicialmente como se mencionó con anterioridad el agua es captada en la bocatoma Sancancio, ubicada frente al horno crematorio de Jardines de la

Esperanza, en este punto se realizó un análisis de las características del agua captada (Ver Anexo D):

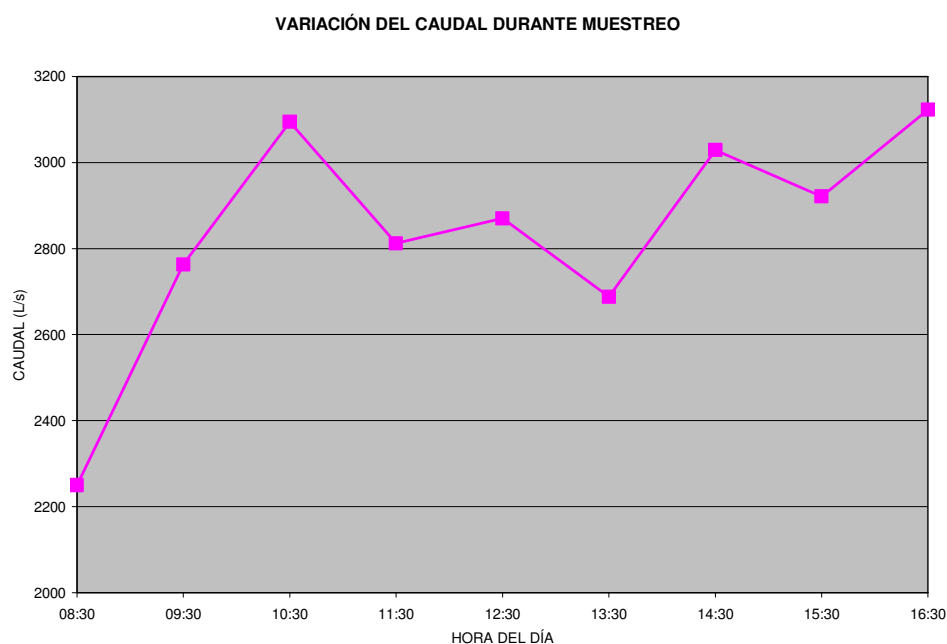
**Fecha:** Abril 5 de 2005.

**Lugar:** Bocatoma Sancancio

**Tiempo de muestreo:** 9 horas.

**Tipo de muestra:** Puntual.

### GRÁFICA 7.1 Variación de caudal del río Chinchiná frente a la bocatoma

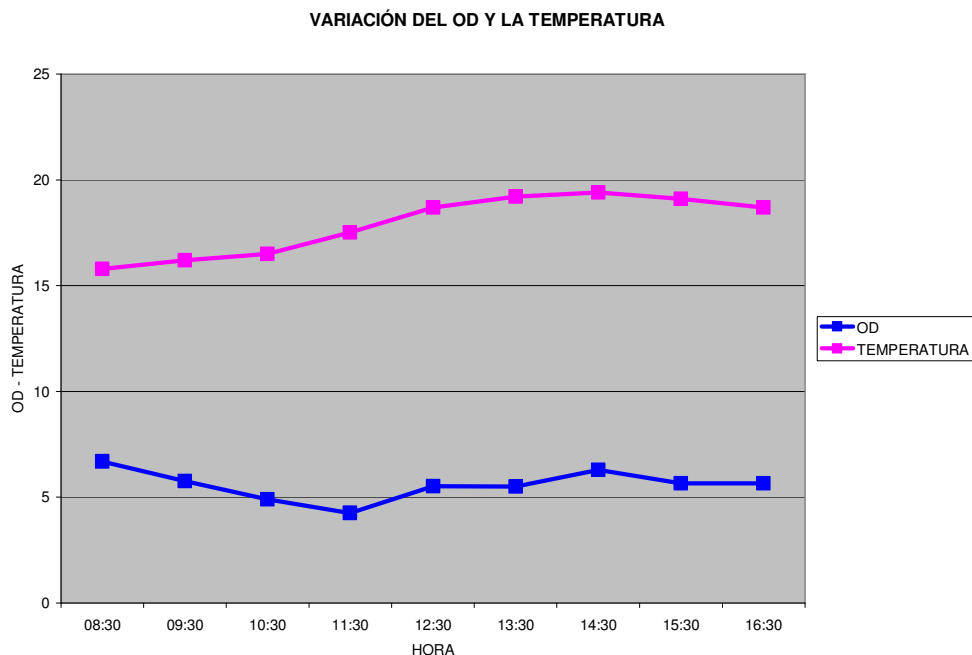


Caudal Máximo: 3122,84 L/s

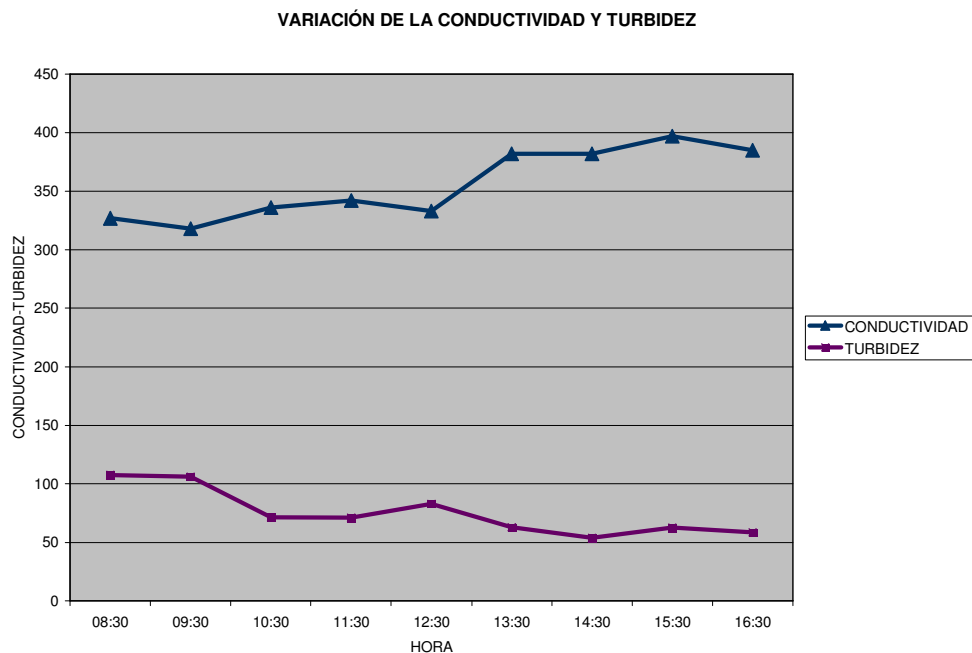
Caudal Mínimo: 2249,68 L/s

Caudal Medio: 2838,80 L/s

### GRÁFICA 7.2 Variación del OD y temperatura Chinchiná frente a la bocatoma



**GRÁFICA 7.3 Variación de la Conductividad y turbidez del río Chinchiná frente a la bocatoma**



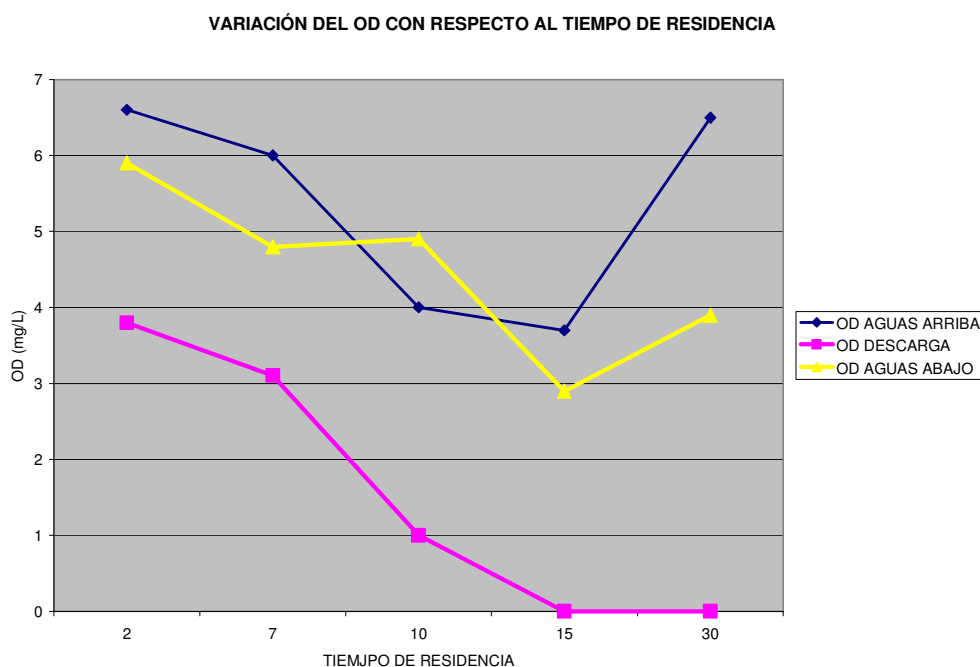
Posterior a la bocatoma se encuentra el Tanque Desarenador #1 desde donde se inició el seguimiento al oxígeno disuelto, DBO y SST con respecto al tiempo de retención (ANEXO D):

### 7.2.2 TANQUE DESARENADOR #1

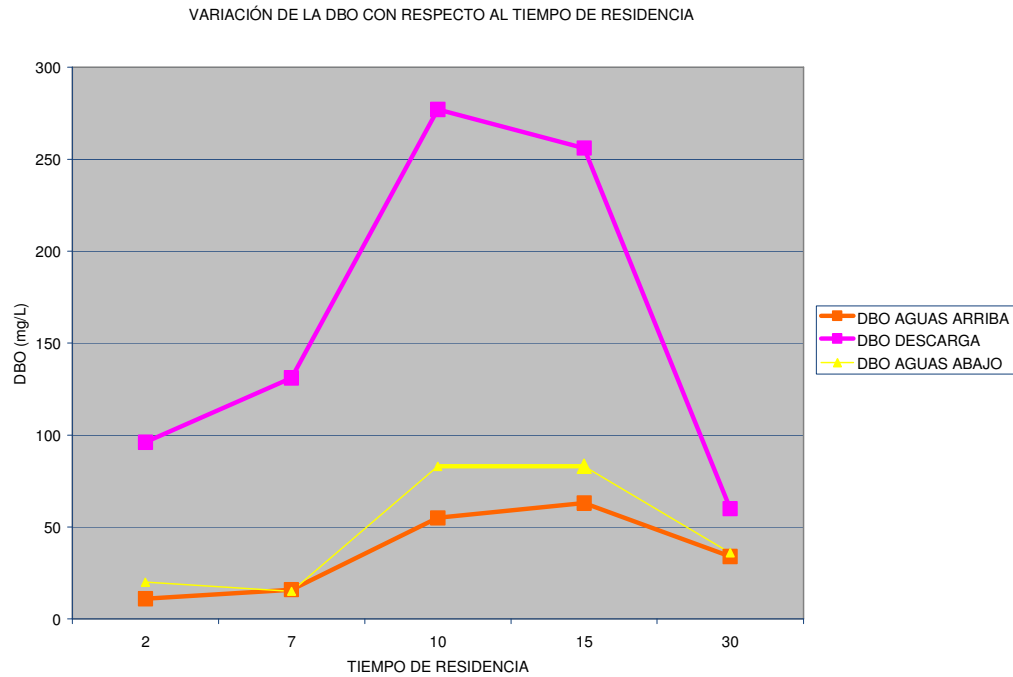
En esta gráfica se hace evidente la caída del oxígeno disuelto en los puntos de descarga con respecto a los tiempos de purga. Es notable que cuanto más pronunciados sean estos tiempos mayor será el impacto generado al río.

En el caso del OD es preocupante ver valores que llegan hasta 0 mg/L, cuando el tiempo de purga se extiende hasta 15 y 30 días.

**GRÁFICA 7.4 Variación del OD con respecto al tiempo de residencia**



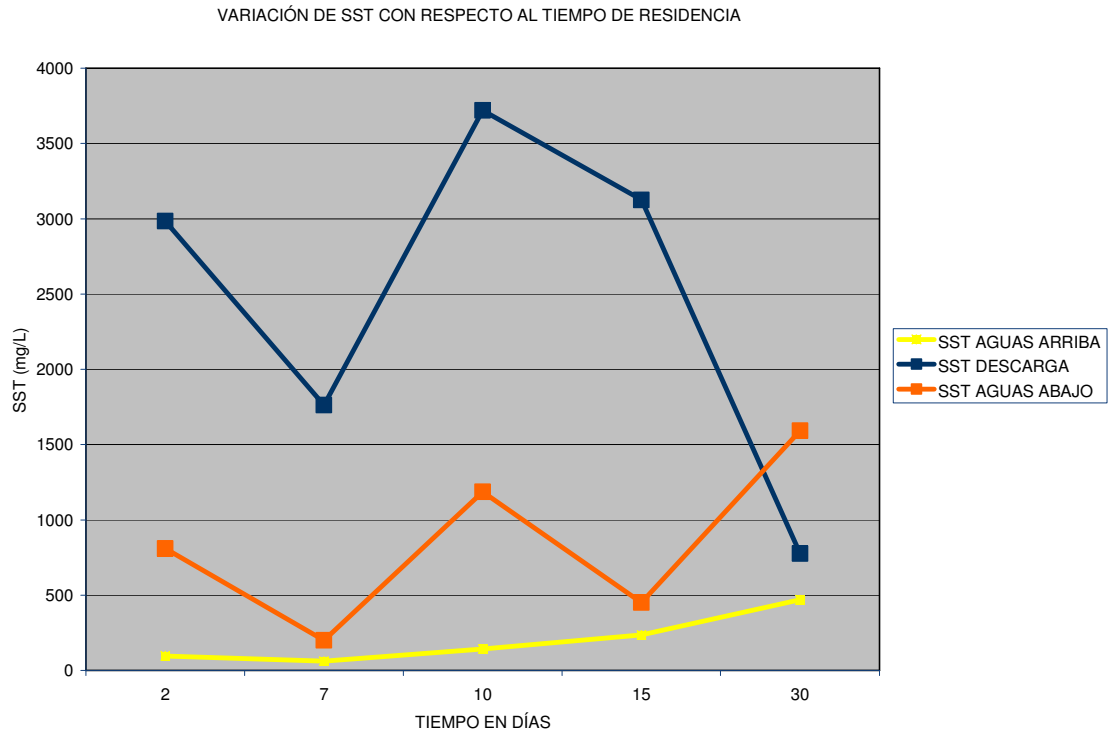
**GRÁFICA 7.5 Variación de la DBO con respecto al tiempo de residencia**



Similar a lo observado con el OD, se puede notar que la DBO es significativamente superior a los valores encontrados aguas arriba cuando se hace más grande el tiempo de retención de los lodos generados.

**GRÁFICA 7.6 Variación de los SST con respecto al tiempo de residencia**





En resumen, los tiempos de residencia prolongados, obviamente afectan en gran magnitud las condiciones del Río Chinchiná, a tal punto que las descargas puntuales pueden afectar más al río que los descoles de aguas residuales urbanas que actualmente están siendo vertidos directamente.

## 8. COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA CHEC

Para evaluar el comportamiento hidráulico de las estructuras de la CHEC, se hizo uso de los planos de levantamiento de dichas estructuras realizadas por Gensa y suministradas por la CHEC. Es importante anotar que la recolección de los datos fue bastante dispendiosa por la carencia de los mismos, dado que la empresa no posee suficiente información para desarrollar a cabalidad el objetivo.

En base a los cortes de las diferentes estructuras (Ver Anexo E), fue posible calcular el área transversal, el volumen total y el tiempo de residencia como se ve:

### 8.1 TANQUE DESARENADOR:

Corte A-A (ver Anexo E.1):

El área transversal se calculó multiplicando las alturas efectivas de cada lado, por el ancho del tanque:

$$\text{Área transversal} = \frac{\text{altura efectiva lado izquierdo} * \text{altura efectiva lado derecho}}{2} * \text{ancho tanque}$$

$$\text{Área Transversal} = \left( \frac{2,45 + 1,60}{2} \right) * 8,25 = 16,71 m^2$$

El volumen se obtiene a partir del producto del área transversal por la longitud del largo del tanque:

$$\text{Volumen} = \text{Área Transversal} * \text{Longitud tanque}$$

$$Volumen = 16,71m^2 * 20m = 334,2m^3$$

Sabiendo que el caudal medio es de 4 m<sup>3</sup>/s, es posible calcular el tiempo de residencia:

$$Tiempo\ de\ Residencia = \frac{Volúmen\ Tanque}{caudal\ medio}$$

$$Tiempo\ de\ Residencia = \frac{334,2m^3}{4\ m^3/s} = 83,55s = 1,39\ minutos$$

## 8.2 TANQUE DE LODOS:

Para calcular el área lateral se hizo uso del corte B-B del Anexo E.2, en donde se estimó el área de cada una de las secciones del tanque como se muestra a continuación:

$$Area = altura\ efectiva * ancho$$

$$Area\ 1 = 2,45m * 1,10m = 2,7m^2$$

$$Area\ 2 = 1m * 0,25m = 0,25m^2$$

$$Area\ 3 = \left( \frac{1,55 + 1,74}{2} \right) * 1,60 = 2,63m^2$$

$$Area\ 4 = \left( \frac{2,0 + 2,22}{2} \right) * 1,60 = 3,38m^2$$

$$Area\ 5 = \left( \frac{2,47 + 2,75}{2} \right) * 1,60 = 4,18m^2$$

El área total es la suma de las cuatro áreas:

$$Area\ Total = 15,32m^2 \text{ Lado Derecho}$$

Asumiendo que el área de la parte derecha es igual a la de la izquierda el área total de la estructura será de:

$$Area\ Total = 15,32m^2 * 2 = 30,64m^2$$

El volumen lateral será el área por la longitud del largo del tanque:

$$Volumen\ Lateral = 30,64m^2 * 22,15m = 678,7m^3$$

El volumen en el canal central se obtiene multiplicando el área superficial por la altura promedio:

$$Volumen = (22,15 * 1,75) * \left( \frac{6+4}{2} \right) = 193,8m^3$$

El volumen total del tanque de lodos es la suma del volumen lateral con el volumen del canal central:

$$Volumen\ Total = 952m^3$$

El tiempo de residencia será:

$$Tiempo\ de\ Residencia = \frac{Volúmen\ Tanque}{caudal\ medio}$$

$$Tiempo\ de\ Residencia = \frac{952m^3}{4\ m^3/s} = 238s = 3,96\ minutos$$

Para calcular el volumen del tanque de carga y posteriormente su tiempo de residencia, se multiplicó las alturas efectivas de cada lado, por el ancho del tanque y después por la longitud del cana. para realizar estos cálculos se usó el corte A-A (Anexo E.3):

$$Volumen\ 1 = \left[ \left( \frac{2,70 + 3,20}{2} \right) * 16,20 \right] * 6,9 = 329,7 m^3$$

$$Volumen\ 2 = \left[ \left( \frac{4,70 + 3,20}{2} \right) * 5,10 \right] * 6,9 = 139 m^3$$

$$Volumen\ 3 = 4,7 * 3,7 = 17,39\ m^2 * 8m = 139,1\ m^3$$

$$Volumen\ 4 = \left[ \left( \frac{3,0 + 0,8}{2} \right) * 3,50 \right] + 3 * 0,2 = 7,25 * 8 = 58 m^3$$

El volumen total es:

$$Volumen\ Total = 665,8\ m^3$$

El tiempo de residencia en esta unidad es de:

$$Tiempo\ de\ Residencia = \frac{Volúmen\ Tanque}{caudal\ medio}$$

$$Tiempo\ de\ Residencia = \frac{665,8 m^3}{4\ m^3/s} = 166,45s = 2,77\ minutos$$

## **9. CAPACIDAD ASIMILATIVA DE LA CORRIENTE AL RECIBIR LA CARGA VERTIDA**

De acuerdo a las proporciones calculadas por cada una de las áreas aferentes a este tramo del canal, encontramos que la relación de los vertimientos sobre el caudal captado es de 1 a 36, esto significa que el aporte en caudal de aguas residuales es del 2.80%.

De acuerdo a la información obtenida la pendiente del canal es de 2 por mil y las velocidades que maneja están entre 1.5 y 2 mt/s. Esto significa que de acuerdo a las características de esta estructura y aun teniendo en cuenta el coeficiente de Manning, los tiempos hidráulicos son mínimos en el tramo estudiado.

Un ensayo de trazadores para medir los tiempos de transporte de la masa de agua no se consideran representativos ni justificables por cuanto entre la bocatoma de Sancancio y la planta del mismo nombre no transcurre un tiempo que permita encontrar a través de este ensayo datos que aporten información relevante al estudio, de acuerdo a la consulta realizada al Ingeniero Mario Ortiz, dicho ensayo requiere que el tiempo que transcurra en este proceso sea mínimo de un día.

El tiempo estimado para el desplazamiento de la masa de agua entre la bocatoma y la planta en el canal es de 22 minutos para una distancia de 2 Kilometros y el tiempo de residencia total en los dos desarenadores, el tanque de lodos y el tanque de carga es de 9.51 minutos, para un total de 31.51 minutos.

Para la aplicación de un modelo en este caso que simule la degradación de la materia orgánica, vertida procedente de las descargas del alcantarillado de la zona y asociada con algún parámetro específico, se debe garantizar un cambio en alguna de las características, lo cual no se da en dicha unidad dadas las condiciones de estado estable, velocidad constante y altísimo porcentaje de dilución.

Los ensayos de laboratorio realizados no muestran evidencia de disminución en las concentraciones de los constituyentes analizados a lo largo del canal, sino por el contrario se nota un leve incremento en algunos de ellos, lo que nos lleva a asociar el transporte de la masa de agua con fenómenos de resuspensión en la parte de los sedimentos que se manejan en este tipo de unidades.

Es claro que las características del agua desde la bocatoma, hasta el punto final de muestreo (200 mt debajo de la planta ), permanecen o se alteran en forma no significativa, lo que nos indica que no hay dispersión ni degradación de las cargas aportadas por su mínima proporción.

Hay características que cambian con respecto al tiempo pero también algunas dependen de la advección, o sea del movimiento del agua condición esta que tampoco se da en este tramo de la estructura<sup>11</sup>.

Valdría la pena evaluar otros tramos del canal donde se generen cambios de pendiente, dirección, velocidad, etc , para observar los cambios que puedan presentarse.

## 10. REMOCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE EN EL CANAL DE LA CHEC

Cuando se evaluó la calidad del agua en las estructuras existentes del sistema de generación de energía, los resultados fueron lo suficientemente ilustrativos como para afirmar que actualmente las estructuras del canal desde la bocatoma hasta la planta de generación Sancancio no remueven ningún componente, los constituyentes evaluados fueron turbidez, DQO y SST.

**Tabla 10.1 Remoción entre la bocatoma y el desarenador # 1**

PARÁMETRO	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCIÓN
<b><i>TURBIDEZ</i></b>	50	44	12
<b><i>DQO</i></b>	72	60	16,67
<b><i>SST</i></b>	78	82	-5,13

**Tabla 10.2 Remoción entre el desarenador # 1 y el tanque de lodos**

PARÁMETRO	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCIÓN
<b><i>TURBIDEZ</i></b>	44	38	13,64
<b><i>DQO</i></b>	60	68	-13,33
<b><i>SST</i></b>	82	79	3,66

En estos dos tramos, se puede observar unas remociones realmente bajas en cuanto se refiere a la turbidez, DQO y SST, exceptuando los SST y la DQO, respectivamente, en donde por el contrario las concentraciones de estos agentes aumentaron a través del recorrido de las estructuras.

**Tabla 10.3 Remoción entre el tanque de lodos y el desarenador # 2**



PARÁMETRO	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCIÓN
<b>TURBIDEZ</b>	38	41	-7,89
<b>DQO</b>	68	84	-23,53
<b>SST</b>	79	102	-29,11

**Tabla 10.4 Remoción entre el desarenador # 2 y el tanque de carga**

PARÁMETRO	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCIÓN
<b>TURBIDEZ</b>	41	46	-12,20
<b>DQO</b>	84	84	0
<b>SST</b>	102	108	-5,88

En estos dos puntos se observó que en lugar de remoción, lo que hay es un aporte a las cargas orgánicas del agua, la posible razón que explique este aumento es la velocidad de flujo tan alta que hay, que no permite que los contaminantes puedan ser removidos del agua.

**Tabla 10.5 Remoción entre el tanque de carga y la planta de generación  
Sancancio**

PARÁMETRO	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCIÓN
<b>TURBIDEZ</b>	46	40	13,04
<b>DQO</b>	84	60	28,57
<b>SST</b>	108	94	12,96

**Tabla 10.6 Remoción entre la bocatoma y la planta de generación Sancancio**

PARÁMETRO	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCIÓN
<b><i>TURBIDEZ</i></b>	50	40	20
<b><i>DQO</i></b>	72	60	16,67
<b><i>SST</i></b>	78	94	-20,51

Entre el tanque de carga y la planta de generación Sancancio, se observa remociones inferiores del 28%, sin embargo estos valores son altos comparados con los encontrados en las estructuras restantes. Estas remociones son explicables si se tiene en cuenta que entre el tanque de carga y la planta de generación el agua es conducida a través de un canal con una gran caída (Anexo F) , lo que permite que el agua se oxigene y pueda disminuir la materia orgánica.

## 11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Las caracterizaciones realizadas a los diferentes descoles, permitieron conocer las concentraciones de diferentes constituyentes, encontrándose que los valores de los parámetros medidos fueron consecuentemente uniformes en todos los descoles. Estos valores oscilan entre 533 y 814 mg/L para la DQO, 370 y 497 para la DBO y entre 208 y 308 para el caso de los SST. La uniformidad citada anteriormente se cumple en todos los puntos muestreados, exceptuando los encontrados en la Quebrada del Perro, en donde se encontraron los valores más bajos de DBO y DQO, cabe anotar que estos valores, como se explicó anteriormente se deben a que los muestreos en este descole fueron llevados a cabo bajo condiciones invernales intensas, lo que produce una gran dilución de los constituyentes en el agua.
2. En las tablas 6.4 y 6.8, se muestran los valores obtenidos de las cargas contaminantes realizadas para los descoles de la ladera sur de Manizales, se encontró que el día con mayor carga contaminante para los descoles es el lunes.
3. En el cálculo del estimativo del caudal proveniente de cada descole, se encontró que el aporte del máximo caudal es de  $34.2 \text{ L/s}$ , aporte realizado por el barrio La Enea.
4. El caudal medio captado por la Bocatoma Sancancio es de 4 a  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , y el caudal máximo de los descoles que sería dispuesto en el canal de la CHEC, es de  $110.9 \text{ L/s}$ . Esto indica que este caudal constituiría el 2.80% de la totalidad del caudal requerido para la generación de energía.

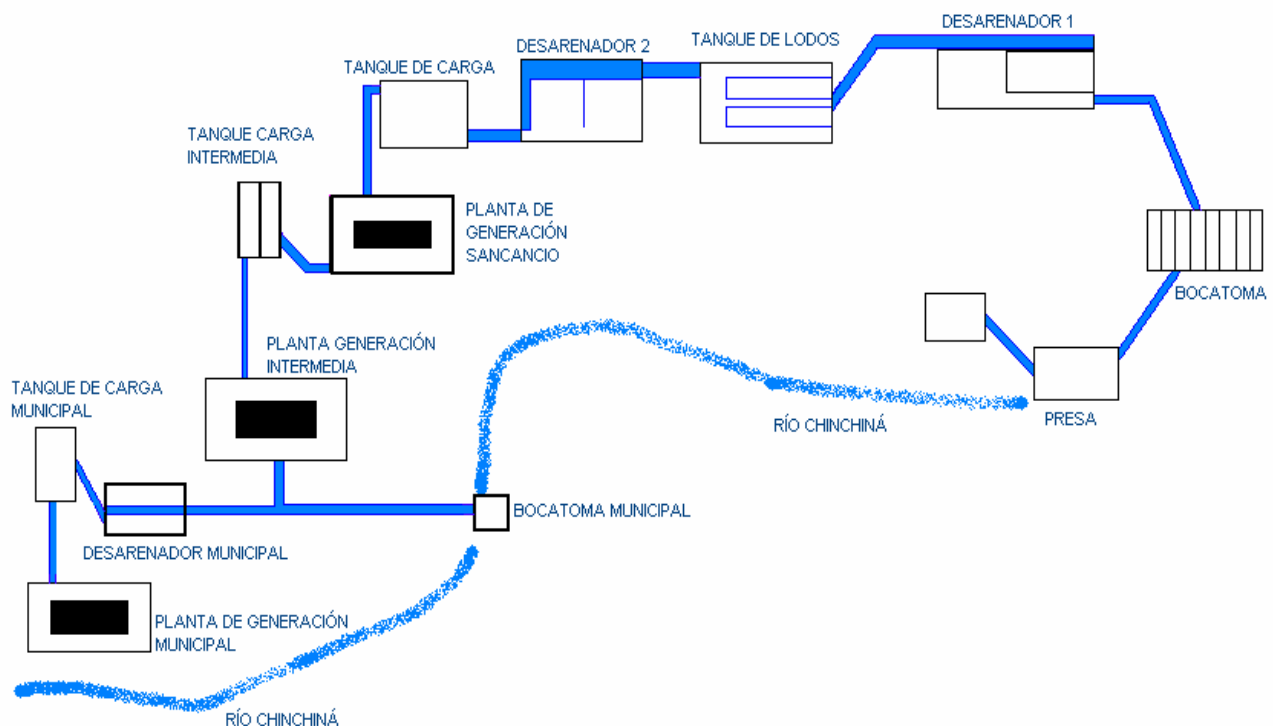
5. El valor medio del pH a lo largo del tramo del canal estudiado es de 6,9, de la turbidez es de 43 NTU, de la DQO es de 71 mg/L y para los SST es de 79 mg/L.
6. Las concentraciones de los parámetros mencionados anteriormente no sufrieron cambios a lo largo del canal. Dados estos resultados se asume que las estructuras instaladas de la CHEC no remueven ningún componente, sea turbiedad, SST ó DQO.
7. En algunos puntos del canal se observa ligeros incrementos en los valores o concentraciones de los parámetros evaluados.
8. Los valores de los parámetros típicos para el río Chinchiná frente a la Bocatoma son: pH entre 4,54 6,13; OD entre 4,25 y 6,69 mg/L; turbidez entre 53,96 y 107,76 NTU.
9. En el estudio de la variación de los tiempos de purga de los lodos generados en cada unidad y su impacto sobre el río Chinchiná, se encontró valores de OD que alcanzó valores de 0 mg/L; se puede observar igualmente, que la DBO es significativamente superior a los valores encontrados aguas arriba cuando se hace más grande el tiempo de retención de los lodos generados. Es notable que cuanto más pronunciados sean estos tiempos mayor será el impacto generado al río.
10. El volumen del tanque desarenador es de 334,2 m<sup>3</sup> y el tiempo de residencia es de 1,39 minutos. el tiempo de residencia del tanque de lodos es de 3,96 minutos y el del tanque de carga es de 2,77 minutos.
11. El tiempo estimado para el desplazamiento de la masa de agua entre la bocatoma y la planta es de 31.51 minutos para una distancia de 2 Kilometros.

12. No es posible realizar un ensayo de trazadores dado que para realizar este tipo de ensayo, se requiere un tiempo de desplazamiento de la masa de agua de mínimo 1 día, y en este caso este tiempo se reduce a 31.51 minutos.
13. La alta velocidad de la masa de agua (1,5 a 2 m/s), induce a que los tiempos hidráulicos sean mínimos en el tramo estudiado.
14. Dadas las condiciones de estado estable, velocidad constante y altísimo porcentaje de dilución, no se puede aplicar un modelo que simule la asimilación de la corriente al recibir las cargas vertidas.
15. El leve incremento en las concentraciones de algunos parámetros permiten asociar el transporte de la masa de agua con fenómenos de resuspensión en la parte de los sedimentos que se manejan en este tipo de unidades.

## 12. VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

Según el análisis de resultados contenido en el capítulo anterior, es claro que para determinar la viabilidad técnica de este modelo se debe tener en cuenta toda la estructura existente de generación de las plantas menores de la Chec ya que en la evaluación realizada en el primer tramo, es decir, entre la primera bocatoma y la Planta Sancancio, no se encontró un efecto notorio sobre la degradación de los contaminantes que pueden ser ingresados en el canal.

Lo anterior indica que debe analizarse el sistema como un todo en el cual los cambios que puedan tener el agua por el proceso en sí de la generación, puedan ser aprovechadas en el tratamiento de las aguas residuales.



En este sentido, se plantean unas recomendaciones que deberán ser tenidas en cuenta en el momento de realizar un análisis completo

- Efectuar un levantamiento topográfico detallado de todo el sistema para facilitar la simulación hidráulica y el montaje de los modelos de simulación de la calidad del agua.
- Realizar un programa de monitoreo de la calidad del agua en diferentes puntos de todo el sistema para poder establecer el efecto que tienen las estructuras de generación sobre la capacidad asimilativa de la corriente que fluye por el canal y establecer las variables como la constante cinética
- Analizar comportamientos de caudales tomados para la generación y relacionarlos con la cantidad de agua residual que podría ser vertida al sistema.
- Analizar eventos propios del sistema de generación, como por ejemplo purgas de las estructuras existentes, los caudales liberados cuando las plantas no están en funcionamiento.

## CONCLUSIONES

1. El caudal de agua residual proveniente de la ladera sur de la ciudad de Manizales, que sería vertido sobre el canal de la CHEC en el caso de sea densificada todas estas áreas, es de 110.9 L/s.
2. El caudal que sería vertido sobre el canal constituiría el 2.80% del caudal total que se requiere para la generación de energía.
3. A lo largo del tramo del canal estudiado, se pudo observar que no se presentan remociones en las concentraciones de los parámetros estudiados.
4. Los tiempos de retención hidráulicos son muy cortos en cada una de las unidades lo que impide el sedimento de los sólidos y por consiguiente la remoción de los mismos.
5. Las aguas residuales que serían vertidas al canal no producirían un efecto significativo sobre el agua que fluye por él, gracias al alto porcentaje de dilución que se presentaría.
6. Sería viable implementar el modelo para verter las aguas residuales de la ciudad en el canal de la CHEC, dado que con ello se podría liberar de carga contaminante las fuentes donde actualmente están siendo descargadas las aguas residuales urbanas del distrito sur de la ciudad.



## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda llevar a cabo la metodología propuesta en toda la trayectoria del canal de la CHEC y sus plantas menores, con el fin de evaluar a cabalidad la remoción de los constituyentes sobre el mismo y verificar la viabilidad de implementar el modelo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Noyola Adalberto. Tendencias en el tratamiento de aguas residuales domesticas en Latinoamérica. Instituto de Ingeniería UNAM, México.
2. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPISOPS. Portal del Proyecto Regional Sistemas integrados de Tratamiento y uso de las aguas residuales en América Latina: realidad y potencial. 2002.
3. Metcalf & Eddy. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, fourth edition, McGraw-Hill, New York, 1819 pp. (2003)
4. Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture. Geneva. World Health Organization. Organización Mundial de la Salud (OMS). 1989.
5. Varón M. El agua sucia puede ser reusada. AUPEC.
6. Agua Sana, planeta saludable. Ciencia al día. Agencia AUPEC. MAYO 14 DE 1998.
7. Ossa J.P. Prediseño de la Bocatoma para la planta menor intermedia CHEC. Tesis Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia. 2001. 105 pp.
8. Franco A.M. Evaluación hidrológica de la subcuenca alta del río Chinchiná. Tesis Especialización en aprovechamiento de recursos hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. 2000. 64 pp.
9. Guía para el monitoreo y seguimiento del agua. IDEAM 2004.

10. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 20 th Edition.
11. Nemerow N. Aguas residuales Industriales. Teorías, aplicaciones de tratamiento. Edición H Blume. Madrid 1977.
12. Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 Ministerio de Salud
13. Decreto 3100 de 2003 Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial
14. Decreto 3440 de 2004 Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial
15. Resolución 1433 de 2004 Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial
16. Plan de Ordenamiento Territorial, Municipio de Manizales

**ANEXO A**  
**LADERA SUR DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

**ANEXO B.**  
**MUESTREOS DE LOS DESCOLES DE LA LADERA SUR DE LA CIUDAD**

## B.1 AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA QUEBRADA PALERMO

LUNES, 17 DE OCTUBRE DE 2005

Hora	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	DQO/DBO
8:00	732	464	320	1,58
9:00	747	408	325	1,83
10:00	910	396	350	2,30
11:00	799	312	330	2,56
12:00	768	404	275	1,90
13:00	640	222	250	2,88
14:00	542	280	167	1,94
15:00	935	456	367	2,05
16:00	595	296	253	2,01
<b>Promedio</b>	741	360	293	2,12

MARTES, 18 DE OCTUBRE DE 2005

Hora	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	DQO/DBO
8:00	785	508	310	1,55
9:00	523	386	223	1,36
10:00	906	472	293	1,92
11:00	945	468	317	2,02
12:00	640	288	227	2,23
13:00	601	330	298	1,82
14:00	687	302	243	2,23
15:00	211	220	188	1,50
16:00	507	246	168	2,06

<b>Promedio</b>	645	358	252	1,85
-----------------	-----	-----	-----	------

### MIÉRCOLES, 19 DE OCTUBRE DE 2005

<b>Hora</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>SST (mg/L)</b>	<b>DQO/DBO</b>
8:00	704	424	316	1,66
9:00	552	506	238	1,09
10:00	880	384	355	2,29
11:00	680	466	260	1,46
12:00	688	392	273	1,76,
13:00	579	459	190	1,28
14:00	690	558	273	1,24
15:00	817	704	327	1,16
16:00	571	524	263	1,09
<b>Promedio</b>	684,5	490,7	277,2	1,41

### JUEVES, 20 DE OCTUBRE DE 2005

<b>Hora</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>SST (mg/L)</b>	<b>DQO/DBO</b>
8:00	702	439	270	1,6
9:00	726	454	207	1,6
10:00	679	424	270	1,6
11:00	671	408	206	1,65
12:00	476	298	184	1,6
13:00	577	361	174	1,6
14:00	702	548	248	1,28

15:00	390	374	150	1,04
16:00	94	59	56	1,6
<b>Promedio</b>	557	374	196	1,51

**VIERNES, 21 DE OCTUBRE DE 2005**

<b>Hora</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>SST (mg/L)</b>	<b>DQO/DBO</b>
8:00	781	470	260	1,66
9:00	788	348	273	2,27
10:00	690	386	316	1,79
11:00	703	214	240	3,28
12:00	609	200	247	3,05
13:00	750	330	253	2,27
14:00	679	264	227	2,57
15:00	703	406	237	1,73
16:00	687	148	200	4,64
<b>Promedio</b>	710	307	250	2,58



## B.2 AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA ZONA EL TRÈBOL

LUNES, 24 DE OCTUBRE DE 2005

Hora	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	DQO/DBO
8:00	888,13	566	290	1,57
9:00	750,42	280.5	210	2,68
10:00	776,55	323.5	170	2,40
11:00	883,96	555	190	1,59
12:00	933,31	696	350	1,34
13:00	939,05	714	260	1,32
14:00	936,52	706	265	1,33
15:00	812,84	391.3	200	2,08
16:00	819,68	405.2	235	2,02
<b>Promedio</b>	860,05	647,40	241,11	1,81

MARTES, 25 DE OCTUBRE DE 2005

Hora	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	DQO/DBO
8:00	704,02	215	355.3	3,27
9:00	891,13	574	180	1,55
10:00	822,96	412	230	2,00
11:00	904,94	612	215	1,48
12:00	891,13	574	275	1,55
13:00	822,96	412	190	2,00
14:00	847,65	466	220	1,82
15:00	871,85	524	192	1,66
16:00	891,13	574	195	1,55

<b>Promedio</b>	849,75	484,78	212,13	1,88
-----------------	--------	--------	--------	------

### MIÉRCOLES, 26 DE OCTUBRE DE 2005

<b>Hora</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>SST (mg/L)</b>	<b>DQO/DBO</b>
8:00	834,67	437	198,39	1,91
9:00	777,41	325	191,26	2,39
10:00	826,29	419	193,40	1,97
11:00	804,58	375	214,08	2,15
12:00	818,6	403	184,84	2,03
13:00	767,12	307,44	172	2,50
14:00	820,27	406,42	219,07	2,02
15:00	806,85	379,43	206,23	2,13
16:00	836,46	440,91	235,47	1,90
<b>Promedio</b>	810,25	388,13	201,64	2,11

### JUEVES, 27 DE OCTUBRE DE 2005

<b>Hora</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>SST (mg/L)</b>	<b>DQO/DBO</b>
8:00	833,02	433,41	231,9	1,92
9:00	799,08	364,43	199,10	2,19
10:00	787,78	343,43	189,12	2,29
11:00	821,00	407,92	219,79	2,01
12:00	796,70	359,94	196,97	2,21
13:00	782,78	334,44	184,84	2,34
14:00	757,04	290,95	164,16	2,60

15:00	712,86	226,47	133,50	3,15
16:00	656,30	160,48	102,13	4,09
<b>Promedio</b>	771,84	324,61	180,17	2,53

**VIERNES, 28 DE OCTUBRE DE 2005**

<b>Hora</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>SST (mg/L)</b>	<b>DQO/DBO</b>
8:00	741,56	266,96	152,76	2,78
9:00	774,21	319,45	177,71	2,42
10:00	893,50	580,38	301,79	1,54
11:00	884,49	556,39	290,38	1,59
12:00	752,31	283,45	160,60	2,65
13:00	743,55	269,96	154,18	2,75
14:00	729,25	248,96	144,20	2,93
15:00	636,22	140,99	92,85	4,51
16:00	818,08	401,93	216,93	2,04
<b>Promedio</b>	774,80	340,94	187,93	2,58

## B.4 QUEBRADA EL PERRO

**FECHA:** OCTUBRE 23 DE 2005

**CLIMA:** LLUVIOSO

<b>HORA</b>	<b>OD</b>	<b>PH</b>	<b>CAUDAL</b>
1 a.m	7,89	7,9	121,26
2 a.m	7,79	7,9	123,54
3 a.m	7,12	7,6	131,06
4 a.m	7,65	7,8	137,93
5 a.m	7,45	7,8	113,51
6 a.m	7,67	7,8	78,79
7 a.m	7,81	7,8	65,84
8 a.m	7,77	7,8	65,61
9 a.m	7,78	7,1	55,09
10 a.m	7,73	7,1	52,90
11 a.m	7,41	7,1	43,31
12 .m	7,51	7,2	56,97
13 p.m	7,39	7,2	57,32
14 p.m	7,31	7,1	59,31
15 p.m	7,17	7,1	57,06
16 p.m	7,27	7,3	55,77
17 p.m	7,44	7,5	55,08
18 p.m	7,38	7,5	54,14
19 p.m	7,40	7,7	53,49
20 p.m	7,93	7,7	55,71
21 p.m	7,61	7,7	54,48
22 p.m	7,76	7,8	72,75
23 p.m	7,50	7,6	59,47

24 p.m	7,70	7,9	59,97
--------	------	-----	-------

### B.5DESCOLE LA ENEA:

**FECHA:** OCTUBRE 21 DE 2005

**CLIMA:** LLUVIOSO

Hora	O <sub>2</sub> mg/L	pH	T °C	CAUDAL L/s
9 a.m	3,6	6,7	20	62,02
10 a.m	3,9	6,7	20	65,31
11 a.m	4,2	6,6	19	62,20
12 .m	4,3	6,6	20	61,90
13 p.m	4,1	6,8	20	60,72
14 p.m	4,2	6,7	20	69,73
15 p.m	4,0	6,6	20	42,28
16 p.m	4,0	6,5	20	39,48
17 p.m	4,3	6,7	20	30,85
18 p.m	4,3	6,7	19	84,12
Promedio	4,1	6,7	19,8	57,9

**FECHA:** OCTUBRE 28 DE 2005

**CLIMA:** LLUVIOSO

<b>Hora</b>	<b>O<sub>2</sub> mg/L</b>	<b>pH</b>	<b>T °C</b>	<b>CAUDAL L/s</b>
9 a.m	4,10	6,6	18	47,92
10 a.m	4,40	6,5	18	58,45
11 a.m	4,50	6,2	18	55,50
12 .m	4,97	6,6	18	49,89
13 p.m				
14 p.m				
15 p.m	3,64	6,5	18	30,50
16 p.m	4,91	6,7	18	25,47
17 p.m	5,29	7,2	18	29,21
18 p.m	5,10	7,0	18	28,22
19 p.m	4,80	7,0	18	27,77
20 p.m	4,81	7,0	18	28,66
21 p.m	4,50	7,5	18	28,81
22 p.m	4,41	7,7	18	16,31
23 p.m	4,70	7,8	18	13,59
24 p.m	5,79	7,8	17	8,10
1 a.m	7,38	7,4	19	44,14
2 a.m	7,72	7,7	18	43,09
3 a.m	7,49	7,5	19	44,00
4 a.m	7,66	7,5	16	44,40
5 a.m	6,66	7,5	17	41,92
6 a.m	5,06	7,7	18	53,08
7 a.m	4,60	7,9	18	46,69
8 a.m	4,90	7,8	18	46,69
<b>Promedio</b>	<b>5,3</b>	<b>7,2</b>	<b>18,0</b>	<b>36,9</b>

**ANEXO C**  
**ÁREAS DE INFLUENCIA**

## **ANEXO C.1 AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA PALERMO**



**ANEXO D**  
**IMPACTO SOBRE EL RIO CHINCHINÁ**

## CARACTERÍSTICAS DEL AGUA EN LA BOCATOMA

Hora	Caudal (L/s)	pH	Conductividad μs/cm	OD mg/L	Turbidez UNT	Temperatura °C
8:30	2249,68	6,03	327	6,69	107,76	15,8
9:30	2762,60	6,13	318	5,77	106,00	16,2
10:30	3094,39	5,98	336	4,89	71,25	16,5
11:30	2812,48	4,83	342	4,25	70,98	17,5
12:30	2869,90	4,54	333	5,51	82,95	18,7
13:30	2687,88	4,98	382	5,50	63,03	19,2
14:30	3028,73	5,16	382	6,29	53,96	19,4
15:30	2920,74	5,44	397	5,64	62,46	19,1
16:30	3122,84	5,53	385	5,64	58,67	18,7

## TANQUE DESARENADOR #1

CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
OD	Tiempo	OD	Tiempo	OD	Tiempo
6,5	30	0	30	3,9	30
3,7	15	0	15	2,9	15
4,0	10	1	10	4,9	10
6,0	7	3,1	7	4,8	7
6,6	2	3,8	2	5,9	2

CONCENTRACIÓN DE DBO (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
DBO	Tiempo	DBO	Tiempo	DBO	Tiempo
34	30	60	30	36	30
63	15	256	15	83	15
55	10	277	10	83	10
16	7	131	7	15	7
11	2	96	2	20	2

CONCENTRACIÓN DE SST (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
SST	Tiempo	SST	Tiempo	SST	Tiempo
469	30	776	30	1593	30
236	15	3125	15	450	15
142	10	3720	10	1185	10
62	7	1761	7	200	7
96	2	2985	2	809	2

## TANQUE DESARENADOR #2

CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
OD	Tiempo	OD	Tiempo	OD	Tiempo
6,15	30	4,95	30	3,85	30
3,7	15	1	15	3,6	15

4,7	10	2,5	10	2,7	10
3,6	7	2,7	7	4,1	7
5,8	2	1,9	2	5	2

CONCENTRACIÓN DE DBO (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
DBO	Tiempo	DBO	Tiempo	DBO	Tiempo
25	30	41	30	47	30
52	15	137	15	68	15
38	10	68	10	39	10
32	7	293	7	39	7
5	2	15	2	12	2

CONCENTRACIÓN DE SST (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
SST	Tiempo	SST	Tiempo	SST	Tiempo
84	30	314	30	605	30
80	15	3470	15	412	15
112	10	448	10	208	10
1152	7	5848	7	362	7
93	2	823	2	809	2

## TANQUE DE LODOS #1

CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
OD	Tiempo	OD	Tiempo	OD	Tiempo
3,7	30	0,9	30	5,7	30
4,4	15	1,1	15	4,2	15
4,8	10	1,6	10	3,4	10
4,6	7	4,2	7	5,2	7
6,4	2	3,1	2	6	2

CONCENTRACIÓN DE DBO (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
DBO	Tiempo	DBO	Tiempo	DBO	Tiempo
24	30	116	30	33	30
59	15	360	15	65	15
30	10	91	10	44	10
28	7	66	7	32	7
10	2	44	2	9	2

CONCENTRACIÓN DE SST (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
SST	Tiempo	SST	Tiempo	SST	Tiempo
141	30	1500	30	262	30
292	15	8410	15	248	15
86	10	700	10	229	10

132	7	661	7	224	7
135	2	907	2	129	2

## TANQUE DE LODOS #2

CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
OD	Tiempo	OD	Tiempo	OD	Tiempo
6,3	30	2,4	30	4,0	30
4	15	4,0	15	4,6	15
5,2	10	3,3	10	3,1	10
5,8	7	5,2	7	4,8	7
6,3	2	5,3	2	2,3	2

CONCENTRACIÓN DE DBO (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
DBO	Tiempo	DBO	Tiempo	DBO	Tiempo
24	30	168	30	62	30
56	15	76	15	61	15
26	10	159	10	112	10
26	7	36	7	31	7
9	2	11	2	31	2

CONCENTRACIÓN DE SST (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
SST	Tiempo	SST	Tiempo	SST	Tiempo
160	30	4318	30	1610	30
244	15	622	15	336	15
190	10	1627	10	700	10
148	7	317	7	170	7
83	2	118	2	557	2

## TANQUE DE CARGA

CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
OD	Tiempo	OD	Tiempo	OD	Tiempo
5,6	30	0,6	30	5,5	30
5,2	15	0	15	4,8	15
4,4	10	3,7	10	4,1	10
6,5	7	1,5	7	4,9	7
6,4	2	3,6	2	4,7	2

CONCENTRACIÓN DE DBO (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
DBO	Tiempo	DBO	Tiempo	DBO	Tiempo
33	30	68	30	27	30
76	15	295	15	76	15
65	10	113	10	91	10

29	7	197	7	52	7
9	2	22	2	19	2

CONCENTRACIÓN DE SST (mg/L)					
Aguas Arriba		Descarga		Aguas Abajo	
SST	Tiempo	SST	Tiempo	SST	Tiempo
1370	30	85	30	204	30
570	15	4	15	320	15
388	10	810	10	463	10
103	7	5	7	964	7
430	2	1	2	913	2



**ANEXO E**  
**PLANOS DE LAS DIFERENTES UNIDADES DEL CANAL DE LA CHEC**

## **ANEXO E.1. PLANOS DEL TANQUE DESARENADOR**

## **ANEXO E.2 PLANOS DEL TANQUE DE LODOS**

### **ANEXO E.3 PLANOS DEL TANQUE DE CARGA**

**ANEXO F**  
**FOTOS DEL CANAL DE LA CHEC DESDE LA BOCATOMA HASTA LA**  
**ESTACIÓN DE GENERACIÓN SANCANCIO**



**BOCATOMA SANCANCIO**



**BOCATOMA SANCANCIO**





**CONDUCCIÓN DESDE LA BOCATOMA HASTA EL DESARENADOR # 1**





**DESARENADOR # 1**



**COMPUERTAS DESARENADOR # 1**



**CONDUCCIÓN DESDE EL DESARENADOR #1 HASTA EL TANQUE DE  
LODOS**





**TANQUE DE LODOS**





**TANQUE DE LODOS**





**CONDUCCIÓN DESDE EL TANQUE DE LODOS HASTA EL DESARENADOR**

**#2**



**DESARENADOR # 2**



**TANQUE DE CARGA**



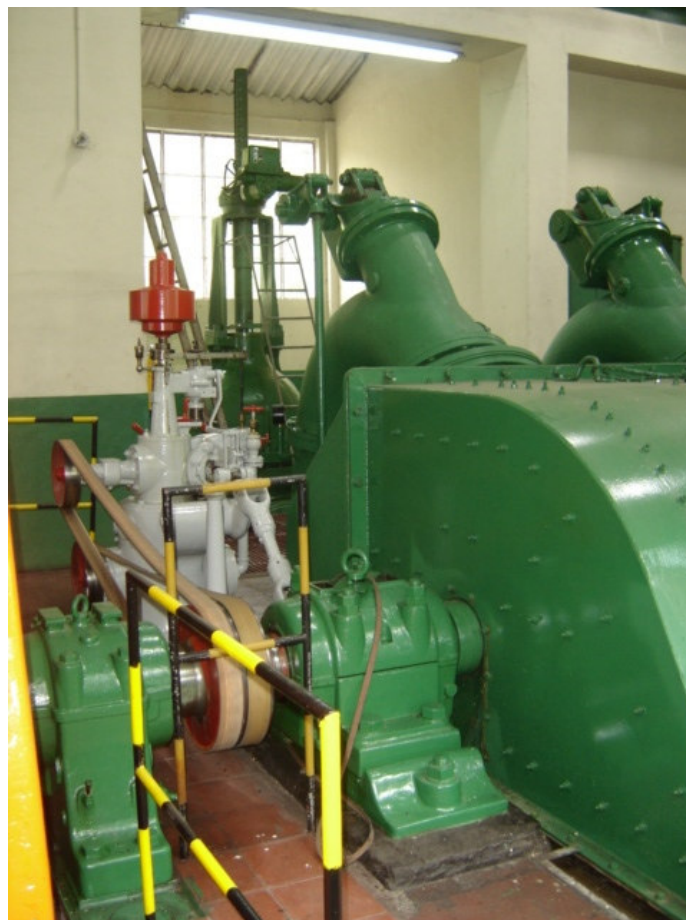


**CANAL DE CONDUCCIÓN DESDE EL TANQUE DE CARGA HASTA LA  
PLANTA DE GENERACIÓN SANCANCIO**



**ENTRADA A LA PLANTA DE GENERACIÓN SANCANCIO**





**PLANTA DE GENERACIÓN SANCANCIO**



**SALIDA PLANTA GENERACIÓN SANCANCIO**

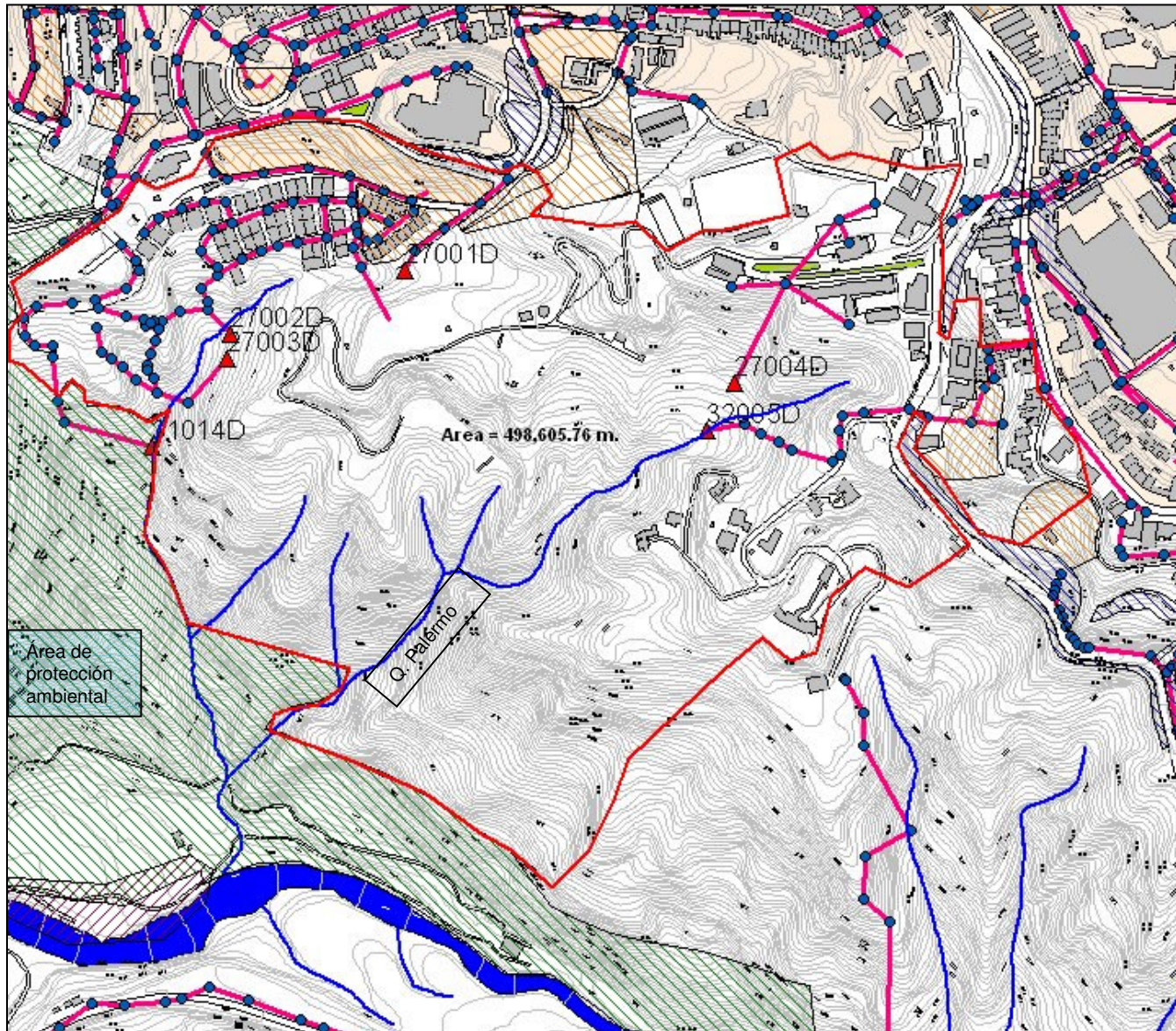




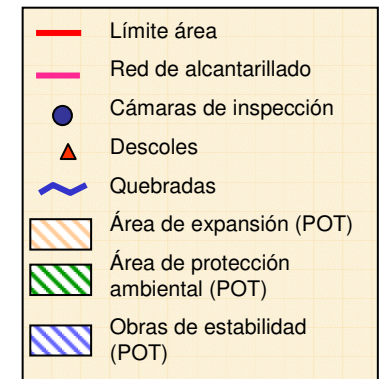
## **CONDUCCIÓN DEL AGUA HACIA LA PLANTA DE GENERACIÓN INTERMEDIA**



## ANEXO C.1 - AREA 1 Q. Palermo

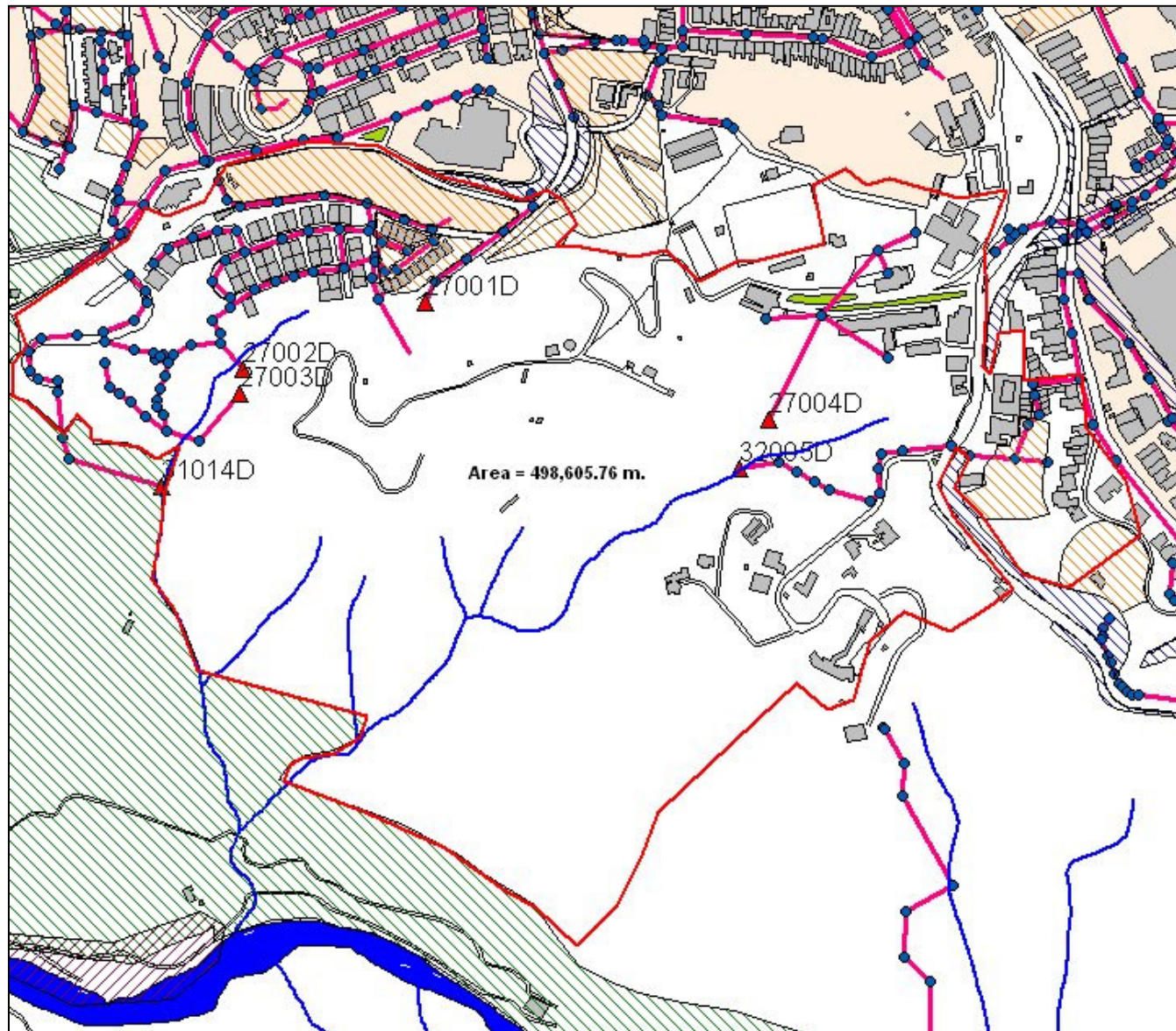


Con curvas  
de nivel

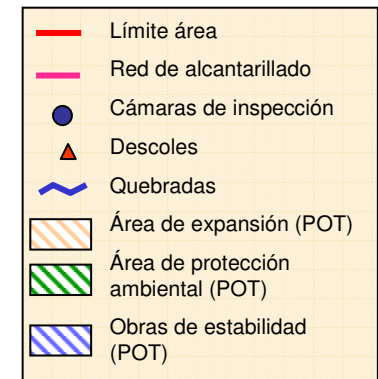




## ANEXO C.1 – AREA 1 Q. Palermo

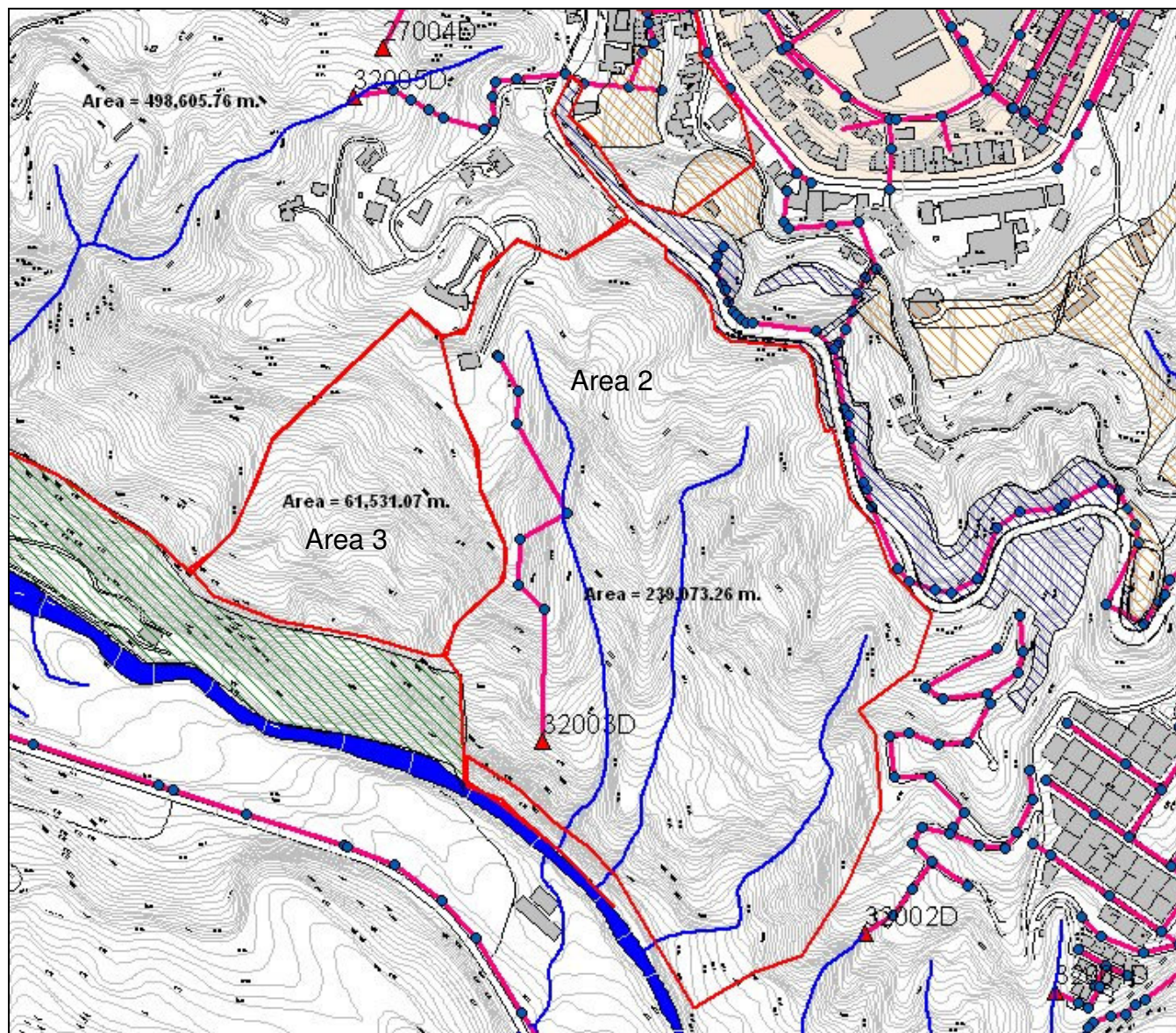


Sin curvas  
de nivel

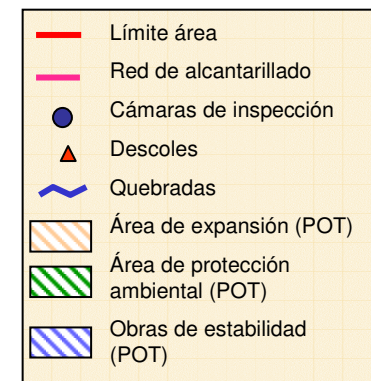




## ANEXO C.2 – AREAS 2 Y 3 El Trebol

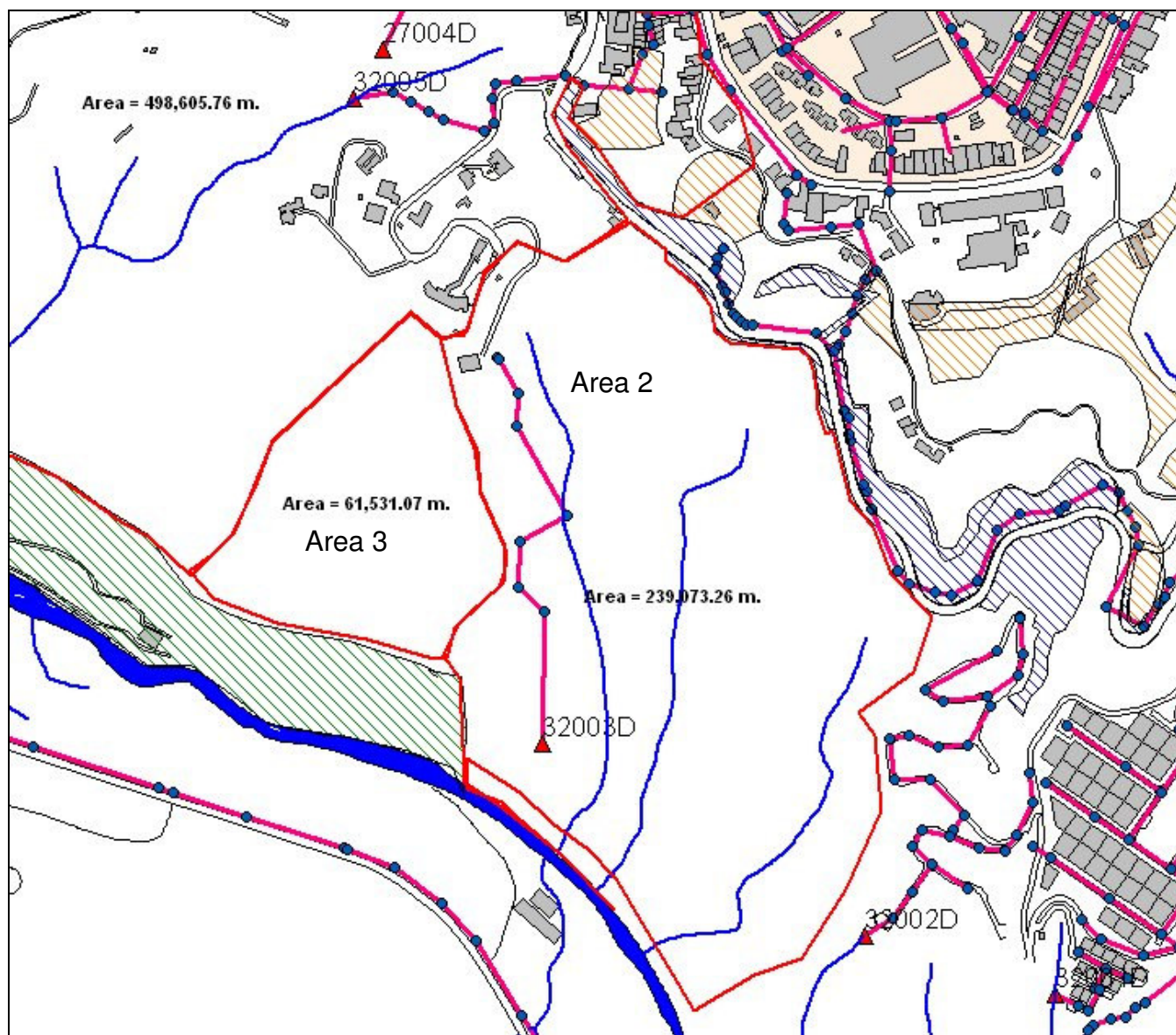


Con curvas  
de nivel





## ANEXO C.2 – AREAS 2 Y 3 El Trebol

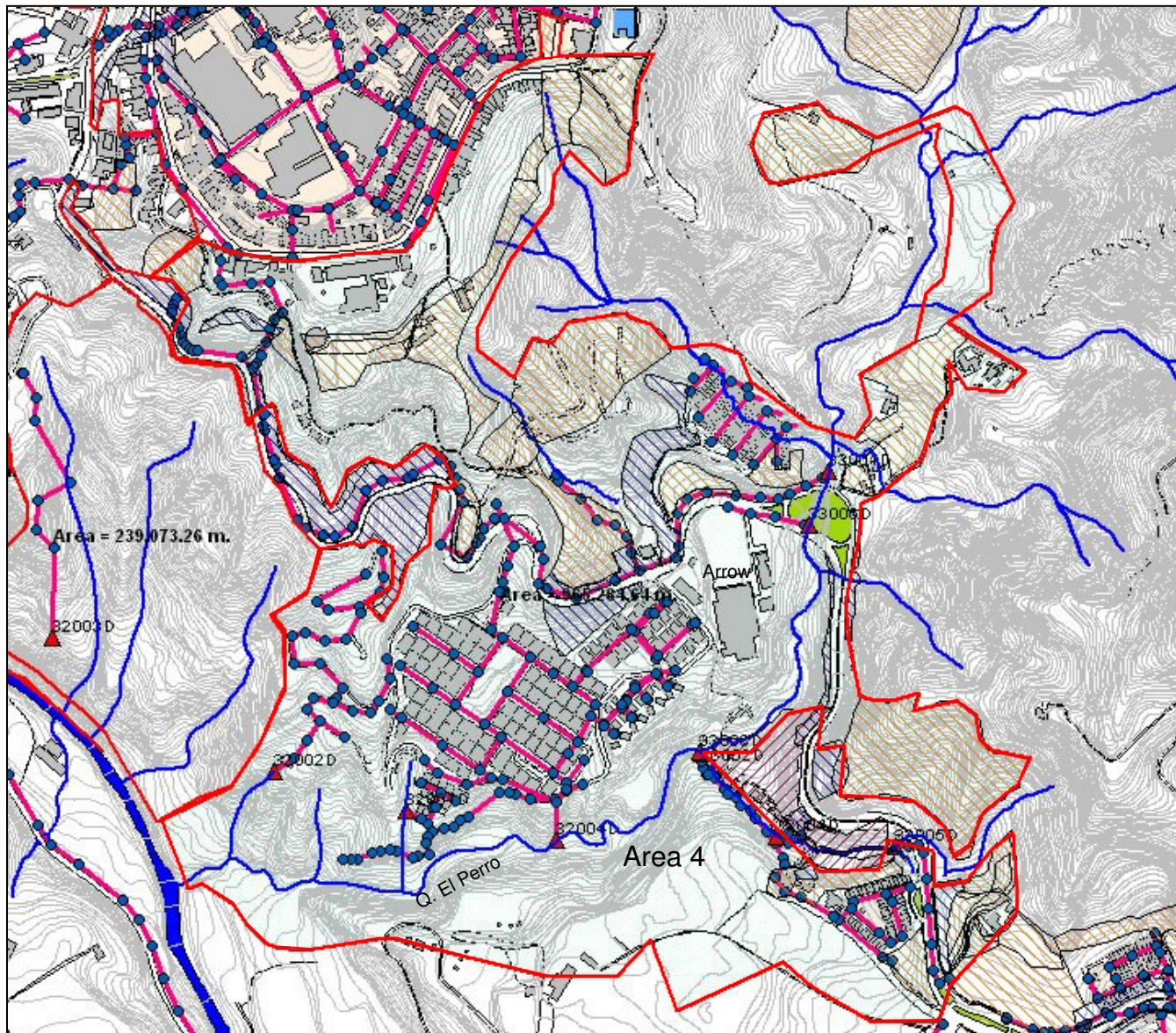


Sin curvas  
de nivel

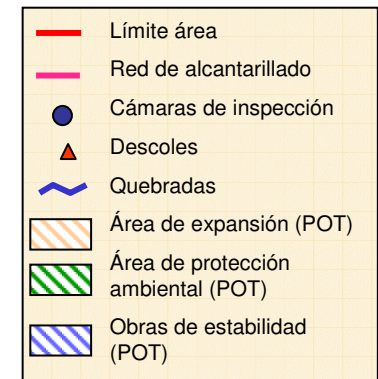




## ANEXO C.3 – AREA 4 El Perro

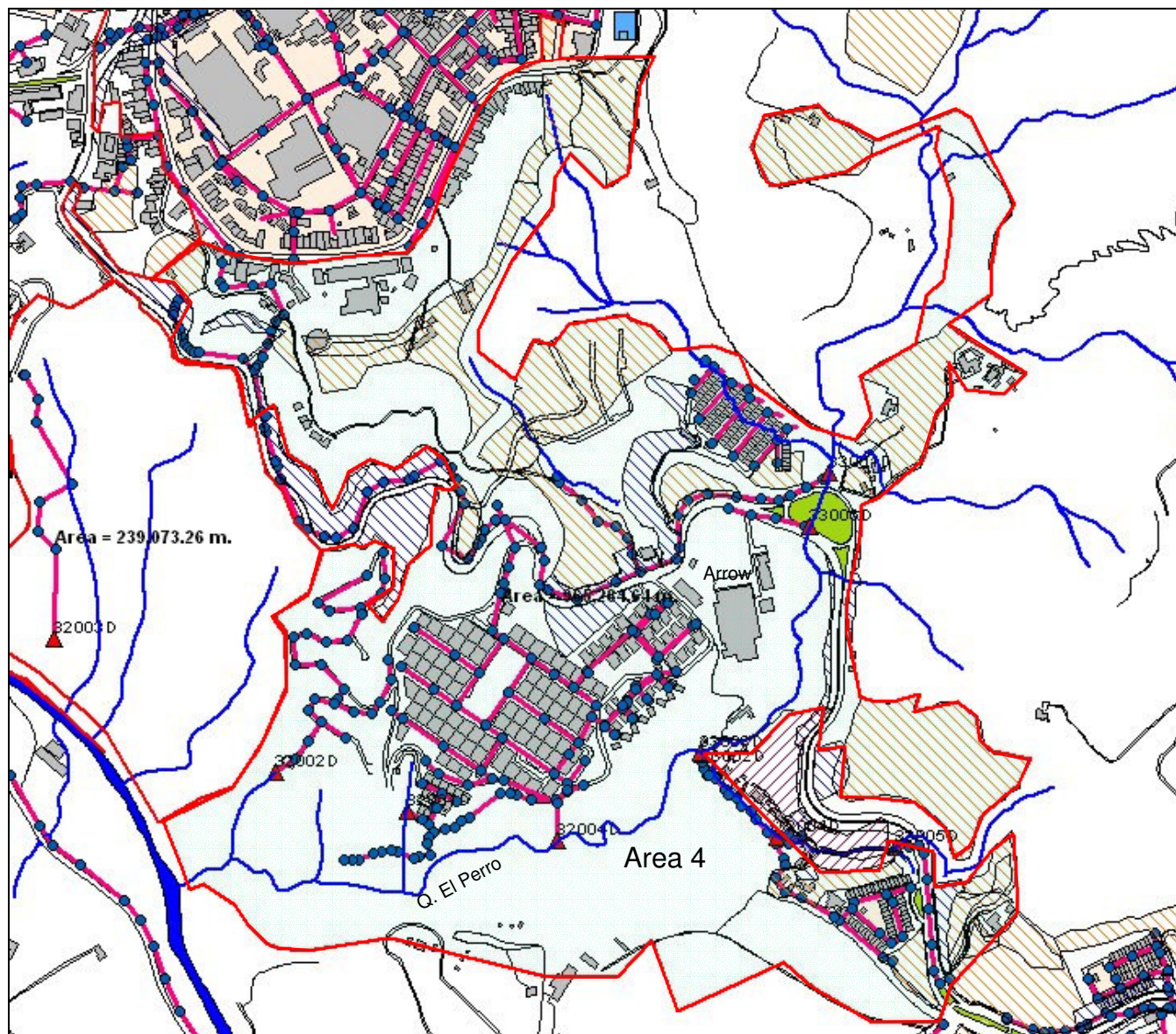


Con curvas  
de nivel





## ANEXO C.3 – AREA 4 El Perro

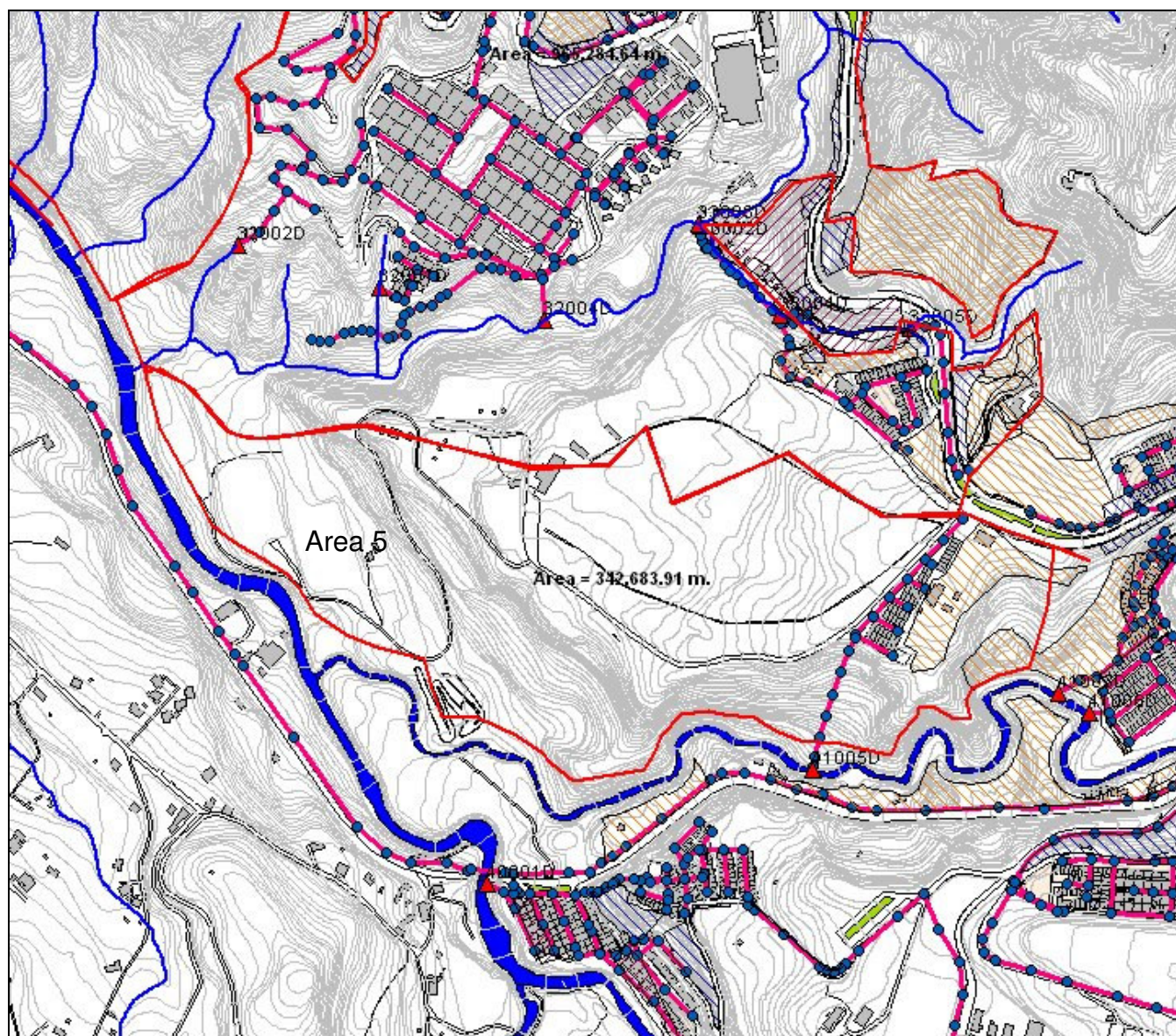


Sin curvas  
de nivel





## ANEXO C.4 – AREA 5 El bosque

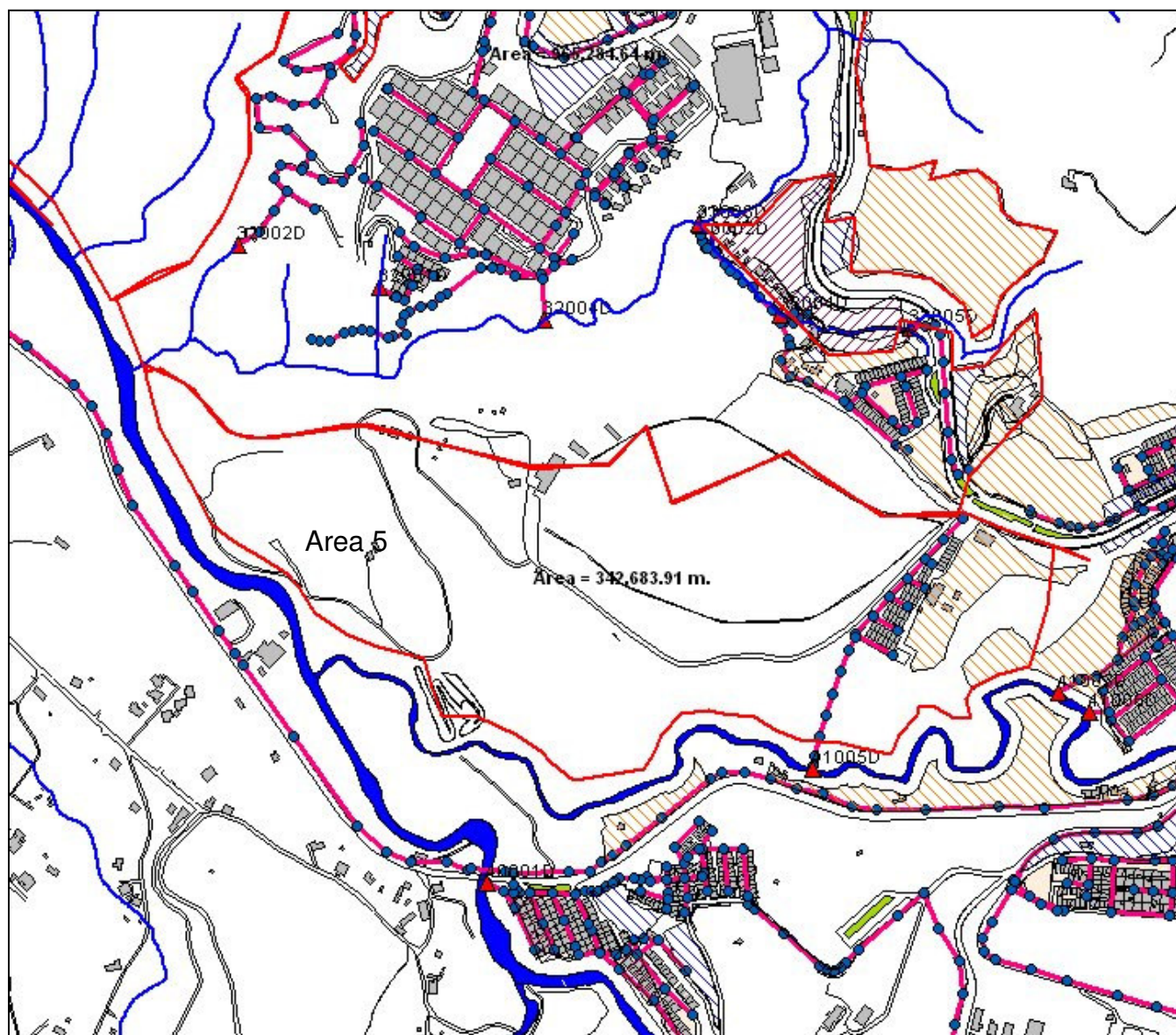


Con curvas  
de nivel

- Límite área
- Red de alcantarillado
- Cámaras de inspección
- ▲ Descoles
- Quebradas
- ▨ Área de expansión (POT)
- ▨ Área de protección ambiental (POT)
- ▨ Obras de estabilidad (POT)



## ANEXO C.4 – AREA 5 El bosque

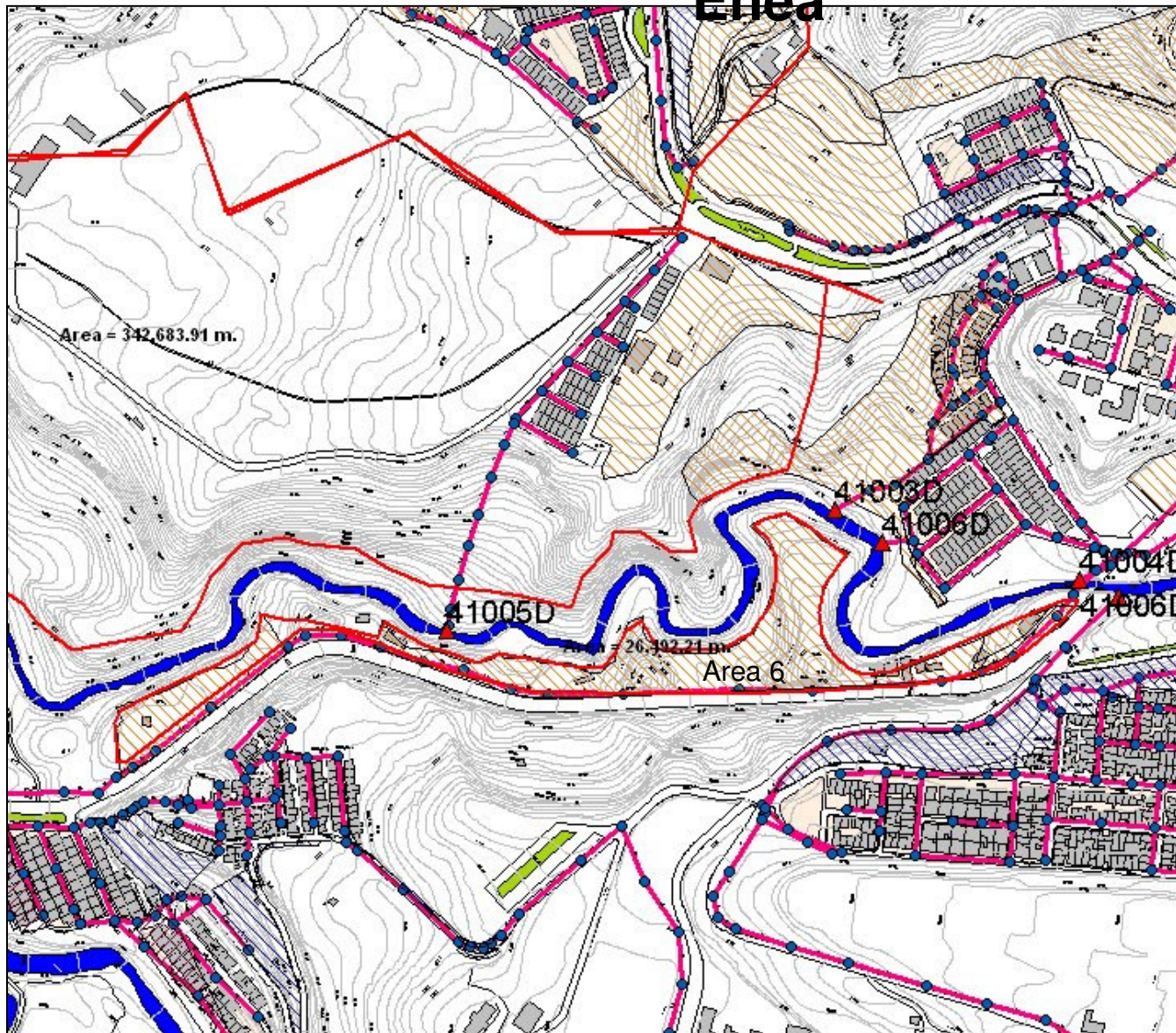


Sin curvas  
de nivel





## ANEXO C.5 – AREA 6 Entre Lusitania y la Enea

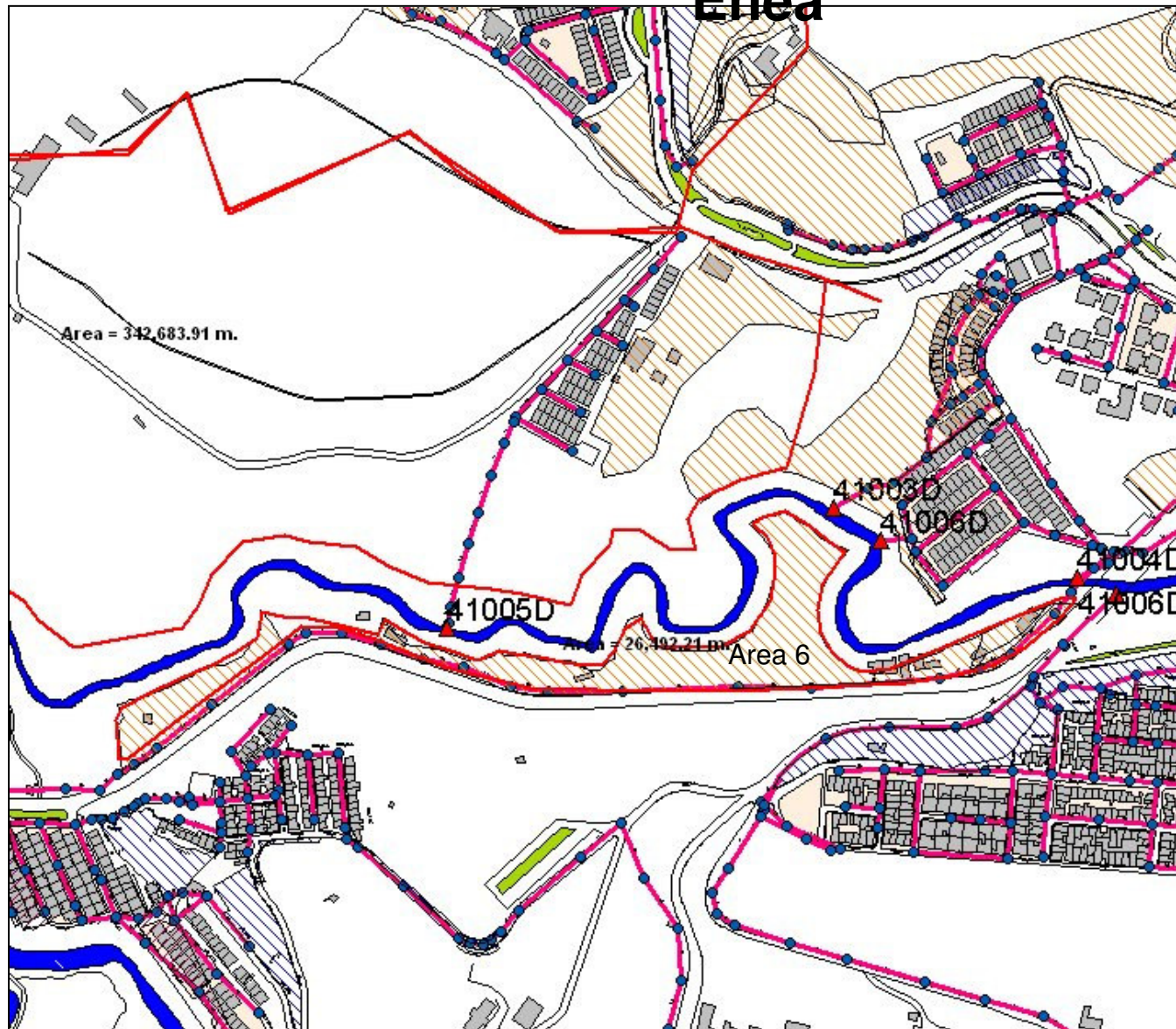


Con curvas  
de nivel

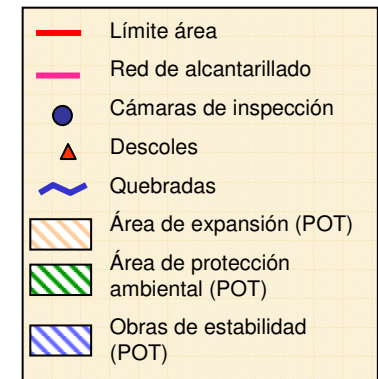




## ANEXO C.5 – AREA 6 Entre Lusitania y la Enea

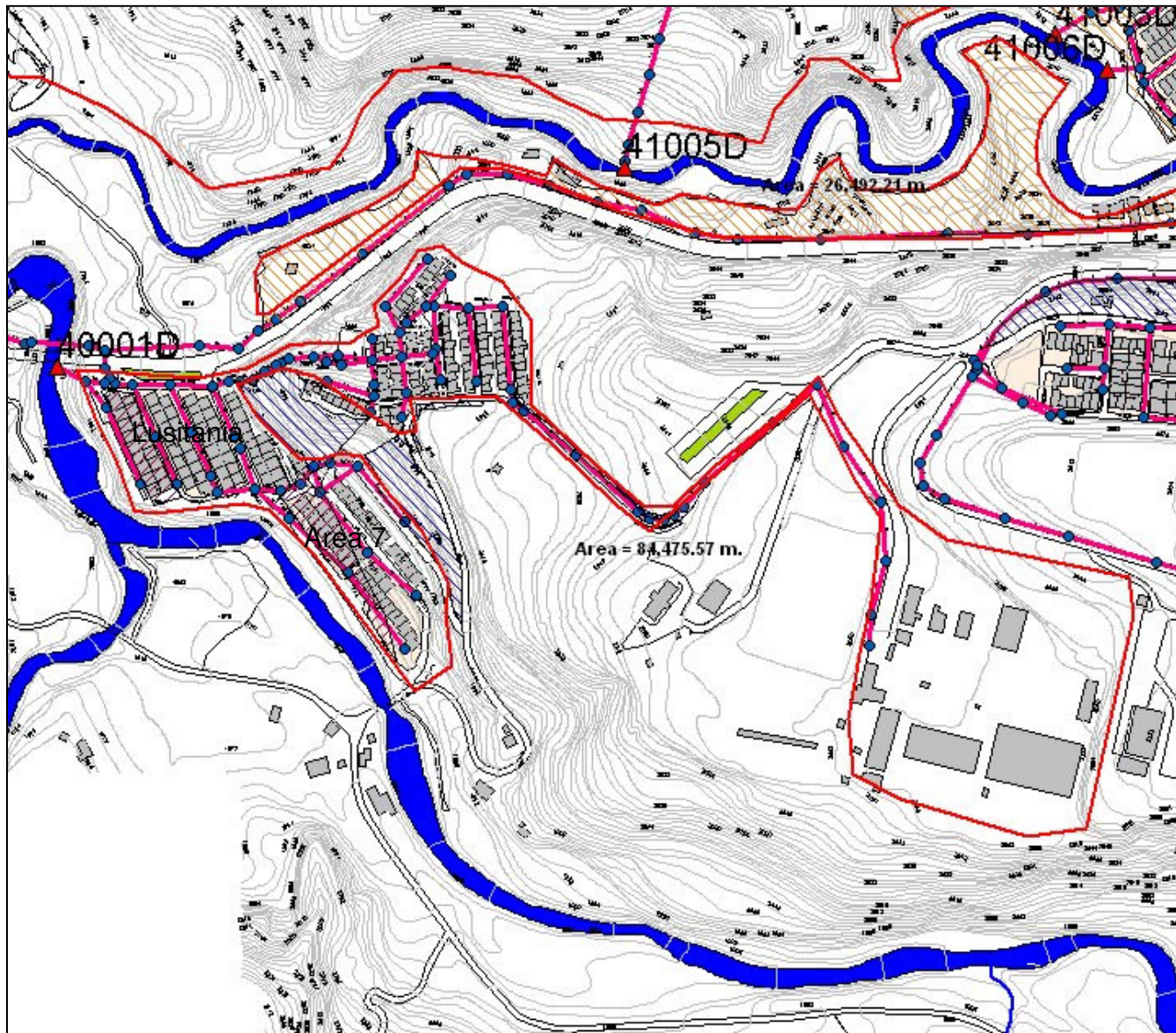


Con curvas  
de nivel













## ANEXO C.6 – AREA 7 Lusitania

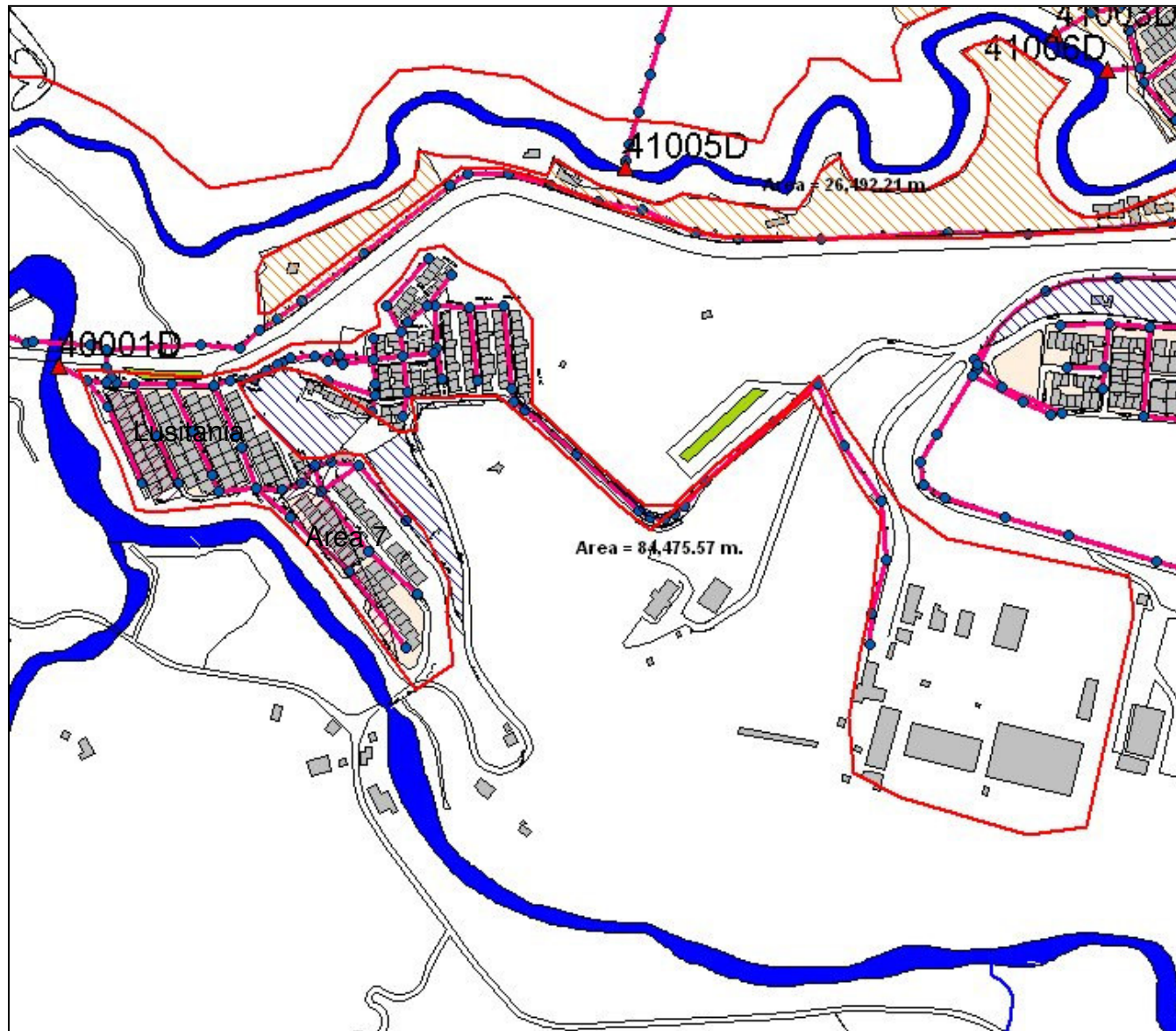


Con curvas  
de nivel

-  Límite área
-  Red de alcantarillado
-  Cámaras de inspección
-  Descoles
-  Quebradas
-  Área de expansión (POT)
-  Área de protección ambiental (POT)
-  Obras de estabilidad (POT)

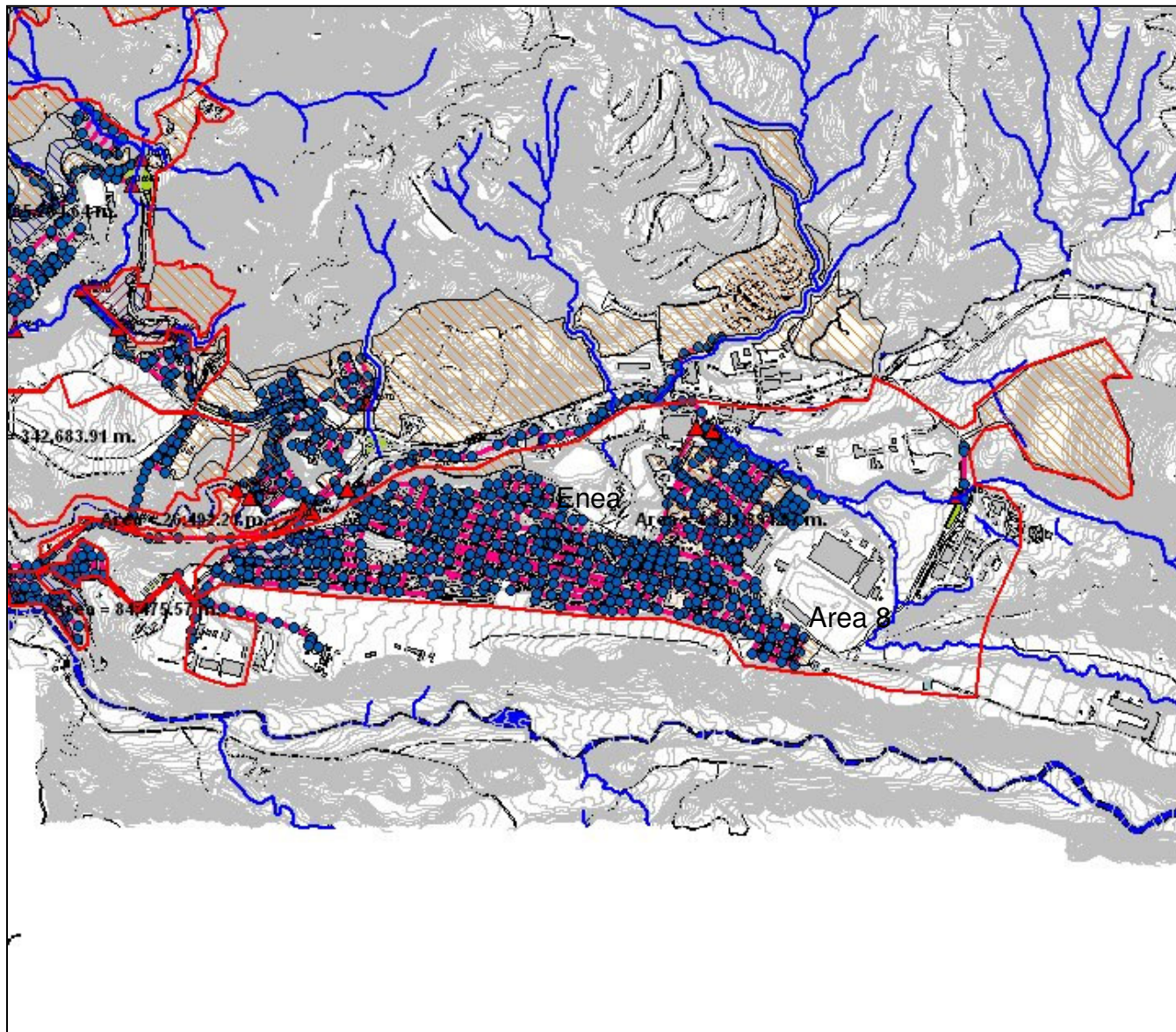


## ANEXO C.6 – AREA 7 Lusitania

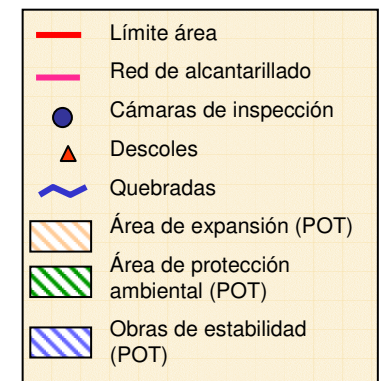


Con curvas  
de nivel

## ANEXO C.7 – AREA 8 Enea

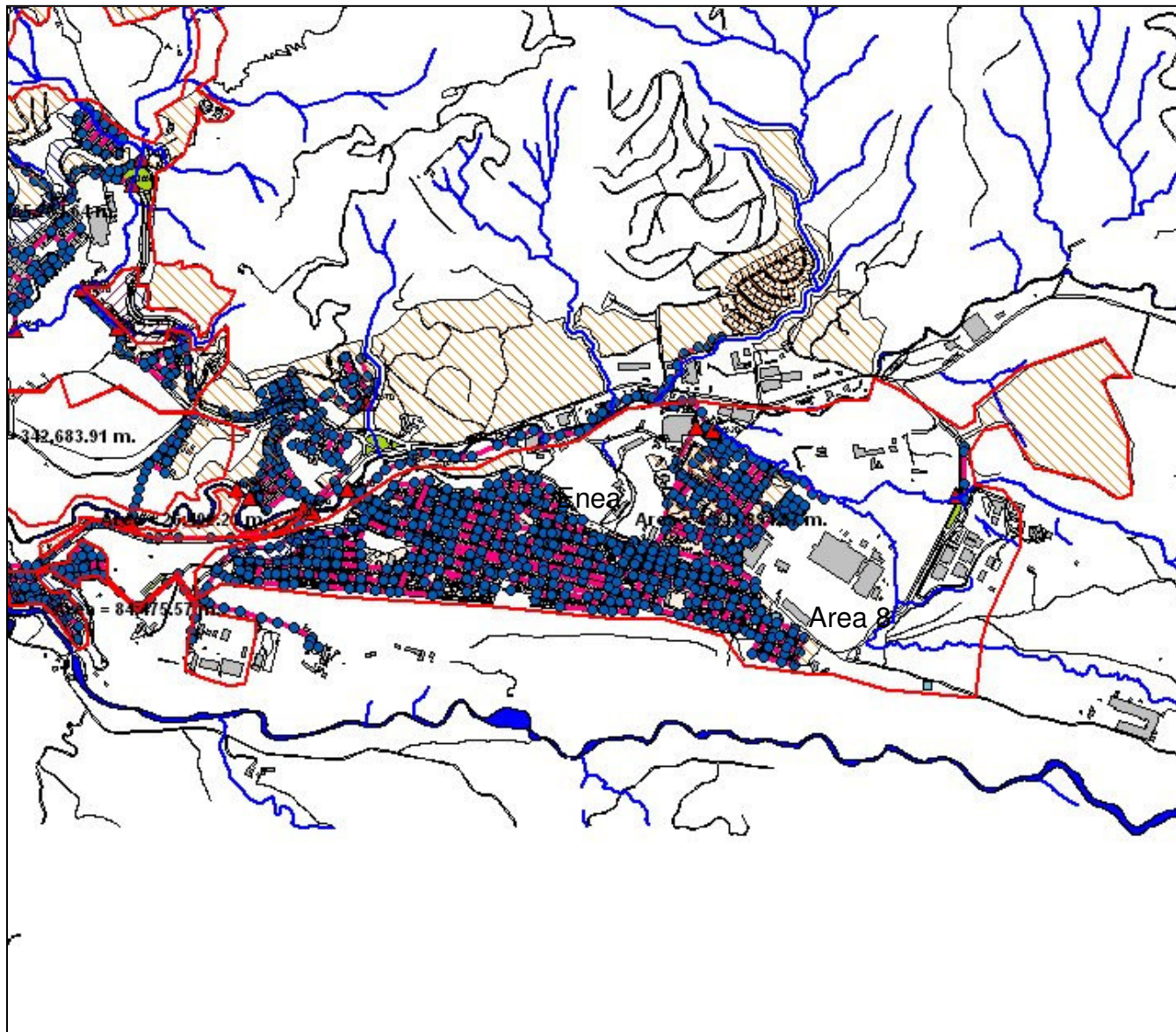


Con curvas  
de nivel

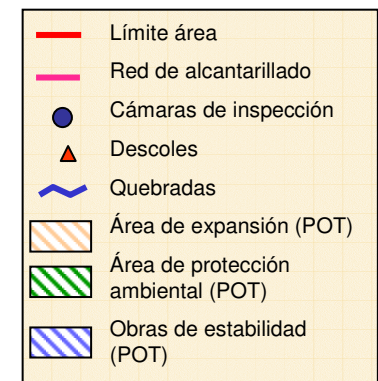




## ANEXO C.7 – AREA 8 La Enea

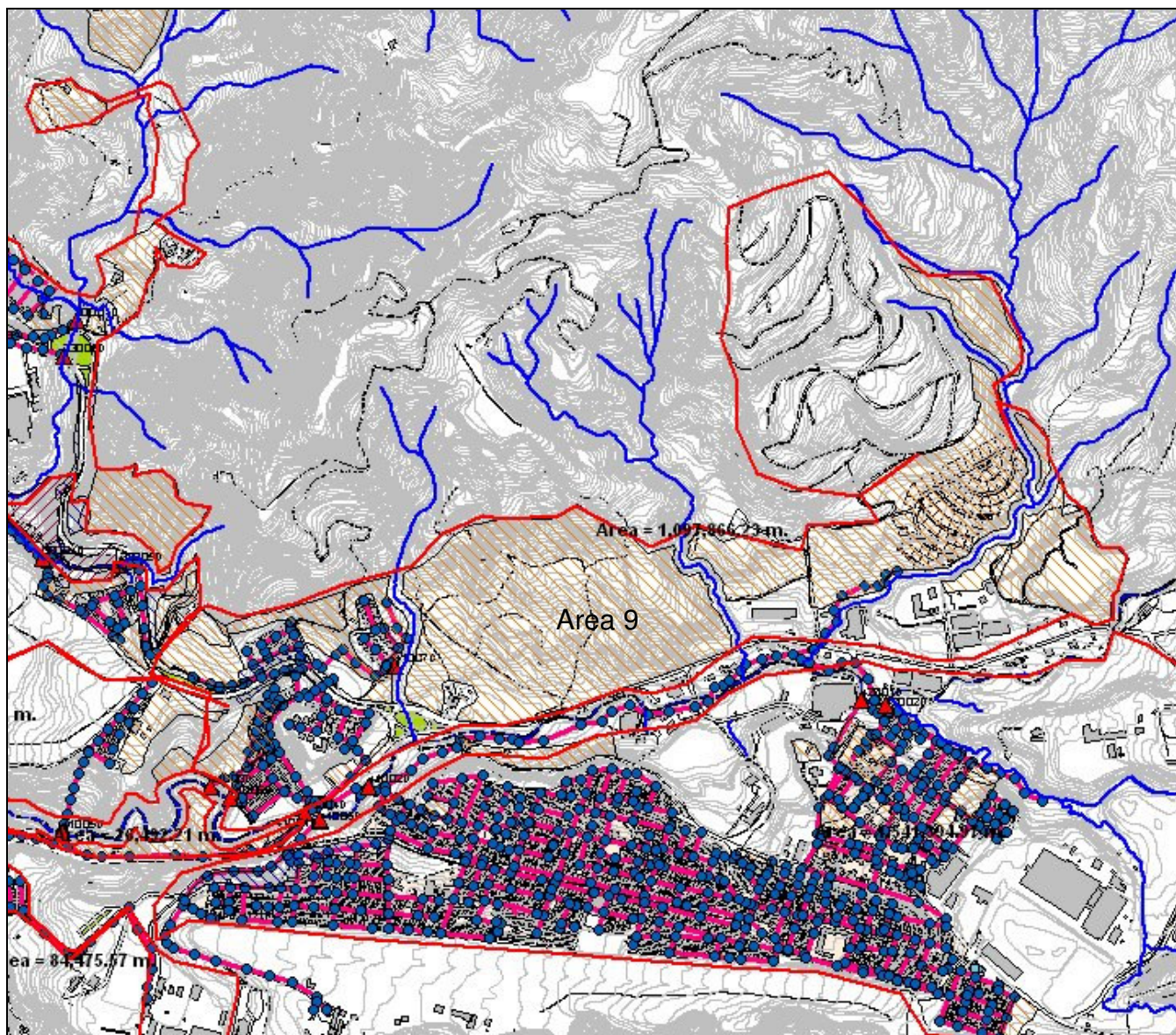


Sin curvas  
de nivel





## ANEXO C.8 – AREA 9 La Alhambra

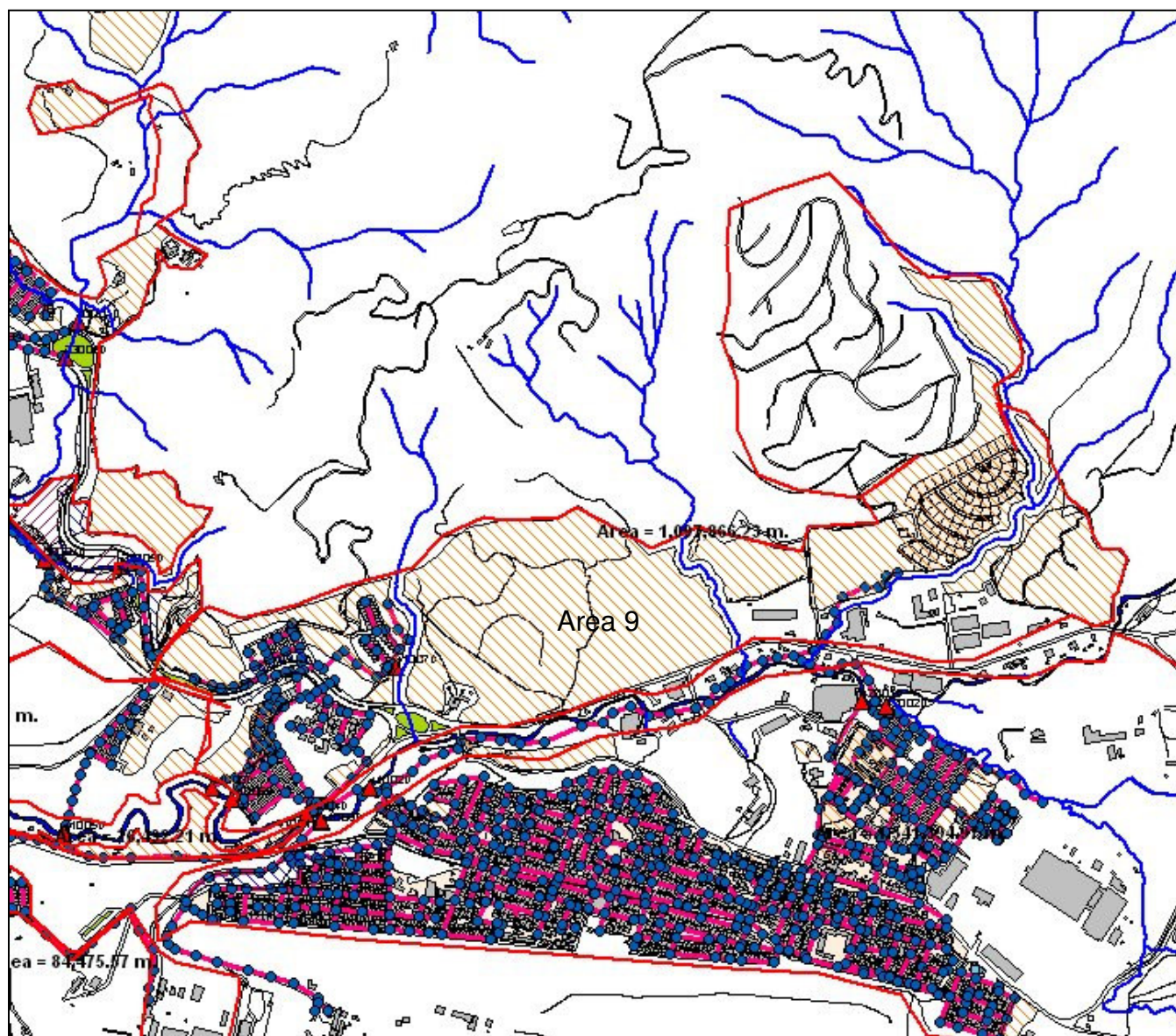


Con curvas  
de nivel





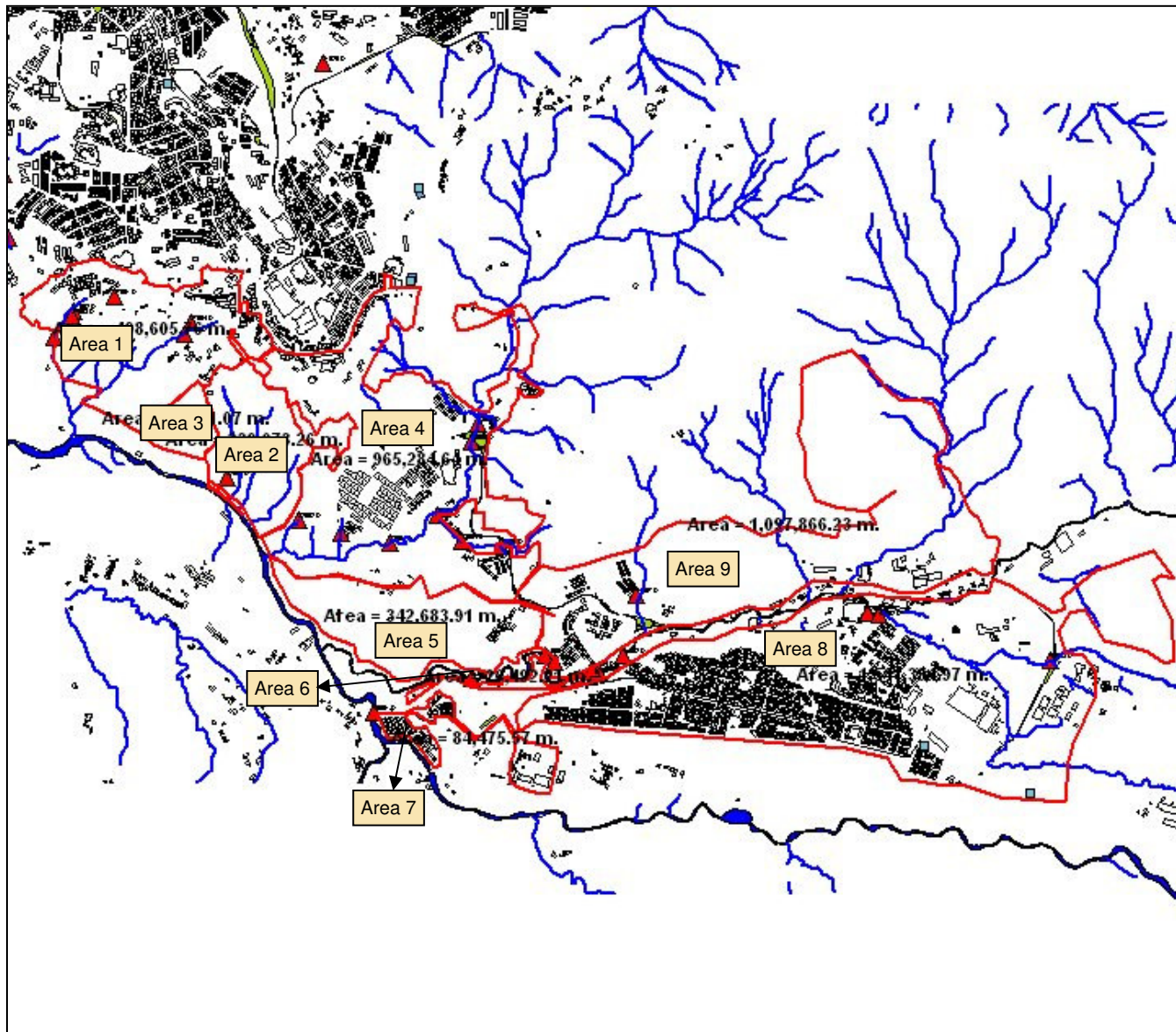
## ANEXO C.8 – AREA 9 La Alhambra



Sin curvas  
de nivel



## ANEXO C.9 – VISTA GENERAL AREAS



Áreas con  
posible  
densificación

